Universidad de La Pampa
Facultad de Agronomía

Licenciatura en negocios agropecuarios

Guía de clases Maquinaria agrícola (primer semestre 2003)

Autor: Prof. Dr. Ing. Agr. Guido Botta

(2003)

Maquinaria Agrícola

Contenidos:

- *La mecanización de las tareas agrícolas.*
- *Clasificación de la maquinaria agrícola.*
- *Dimensionamiento de la maquinaria agrícola.*
- *Costo operativo de la maquinaria agrícola.*
- *Gastos en los costos operativos de la maquinaria.*
- *Amortización de la maquinaria.*
- *Interés*
- *Agradecimientos*
- *Bibliografía utilizada*

1. - El hombre y los animales como fuentes de energía

Los seres humanos a diferencia de las unidades productoras de potencia son muy ineficientes, estando limitado su rendimiento energético a menos de 0,1 kW y llegando, en trabajo de corta duración, a 0,3 kW, variando la fuerza desde 60 N a una velocidad de 1,1 m/s cuando utiliza una manivela hasta 600 N a 0,15 m/s cuando opera los pedales de una noria de paletas. Es sabido que la fuerza que puede hacer un hombre equivale a la décima parte de su propio peso. En cuanto a la energía suministrada por los animales, se puede decir que el 85% de la energía aplicada en la agricultura en los países en desarrollo tienen origen animal, entre los animales de tiro, son los caballos los que desarrollan un mayor esfuerzo de tracción con relación a su peso (15 %), y durante breves periodos de tiempo pueden desarrollar una fuerza igual a la mitad de su peso, por consecuencia, el hombre como los animales proveen un valor casi nulo como fuentes primarias de potencia. El trabajo del hombre y de los animales con los rudimentarios aperos que utilizaban solo permitía que un operario agrícola produjera alimentos para 2 o 3 personas más. Al aumentar la población mundial esto fue insostenible, lo que llevó al hombre a la mecanización de las tareas agrícolas.

2. - Mecanización de las tareas agrícolas

2.1. - Objetivos de la mecanización agrícola:

a) Aumentar la productividad por agricultor.
b) Cambiar el carácter del trabajo agrícola haciéndolo menos arduo y más atractivo.

2.2. - Historia de la mecanización agrícola

La invención de los motores de combustión interna, hacia los años 1876 por Otto y 1892 por Diesel (Alemania), crea la base para el desarrollo de los primeros tractores como se los concibe hoy en día, en este sentido es sabido por todos que la base de la mecanización agrícola es el tractor (Ortiz Cañavate y Hernanz 1989).

El tractor agrícola, a pesar de existir desde hacía más de un siglo, alcanza su máxima difusión durante la Segunda Guerra Mundial, en caso debido al enorme incremento en la demanda de alimentos y fibras con una disponibilidad de trabajo agrícola reducida.

A la palabra tractor se le han atribuido varios orígenes (Farm implement news 1953), pero de acuerdo al diccionario de Oxford se utilizó por primera vez en 1856 en Inglaterra como sinónimo de "motor de tracción" **TRAC**tion mo**TOR**. El termino tractor aparece hacia 1890 en una patente norteamericana para un motor de tracción a vapor montado sobre orugas. El rápido aumento en numero y versatilidad de los tractores ha venido acompañado de un descenso en él numero de caballos y mulas en las granjas norteamericanas (Power to produce 1960)

La evolución del tractor agrícola acompañó los cambios producidos en las ciencias biológicas aplicadas al campo, y al tamaño de los mismos, el mejoramiento genético de especies cultivables hizo que las mismas aumentaran sus rendimientos y

su adaptación a diferentes climas. Esto produjo el aumento de las superficies cultivables y el ingreso de tierras que anteriormente no se destinaban al cultivo.

Según Liejdhal, (1984) el tractor a progresado de su uso primario como sustituto de potencia animal a las actuales unidades diseñadas para múltiples usos: potencia de tracción, bandas de potencia, transmisión de potencia por medio de la toma posterior de potencia (T.P.P), herramientas montadas y unidades hidráulicas con control remoto, así como cabinas climatizadas e insonorizadas, dirección de poder y tracción delantera.

Las primeras máquinas que se utilizaron en el agro debían ser transportadas de un lugar a otro por medio de mulas o caballos, éstas estaban provistas de motores a vapor. El siguiente paso (1850) fue utilizar el motor de vapor para autopropulsar la máquina. La fabricación de tractores con motor de gasolina fue estimulada por la necesidad de reducir el número de trabajadores que requería la máquina con motor a vapor para su mantenimiento. El desarrollo del tractor con motor de combustión interna solo fue posible cuando expiraron las patentes de Otto, esto sucedió en el año 1890.

Los primeros ensayos de tractores tuvieron lugar en Winnipeg, Canadá, en 1908 en estos fueron comparadas las prestaciones de tractores de vapor y de gasolina. Se efectuaron numerosos y exitosos ensayos en forma continua hasta 1912, fecha en que fueron discontinuados.

La primera demostración de tractores estadounidenses tuvo lugar en Omaha, Nebraska en 1911 y fue llevada a cabo como una exhibición y no como una competencia entre maquinas.

La ley de pruebas de tractores del estado de Nebraska, aprobada en 1919, especificaba que cada tractor vendido en el estado de Nebraska debía ser probado y los resultados publicados. Además se le exigía al fabricante que mantuviera una cantidad adecuada de partes para reparación.

Estas pruebas lograron reconocimiento mundial y proporcionaron las normas para la clasificación de los tractores, aceleraron las mejoras y eliminaron muchos tipos de tractores que eran inferiores en diseño y rendimiento.

A continuación se enumeraran algunos logros importantes en el desarrollo de las maquinas agrícolas :

A mediados del siglo XVIII Watt en Inglaterra inventa el motor de vapor.

1771 - Cugnot construyó un vehículo de vapor de tres ruedas destinado a la artillería francesa.

1810 - Pratt en Inglaterra, realizó el primer arado arrastrado por cables por dos máquinas de vapor situadas en los extremos del campo.
1850 - El arado con motor de vapor de J. W. Fawkes arrastró 8 arados a 4,8 km/h en césped virgen.

1873 - La maquina de vapor de Parvins, fue probablemente la primer máquina de orugas, aunque la oficina de patentes de EE.UU. muestra en sus registros un lento desarrollo de los tractores a orugas desde el año 1850.

1876 - Otto en Alemania patenta el motor de combustión interna y carburación externa.

1889 - Por lo menos una compañía construyó un tractor con motor de combustión interna. La disminución muy marcada de la relación peso/potencia, del motor de combustión interna respecto al de combustión externa, marcó la posibilidad de hacer mas razonable la potenciación de un vehículo automotor.

1892 - Diesel en Alemania patenta su motor de combustión interna y carburación interna. El motor de ciclo Diesel significó un motor en aquel momento de una mayor eficiencia mas versatilidad en el consumo de combustible. Según el propio Diesel afirmó al presentarlo, era un motor capaz de funcionar hasta con aceite vegetal.

1904 - Holt en EE.UU. fabrica el primer tractor de cadenas llamado Caterpillar (oruga en ingles).

1908 - Tuvieron lugar los primeros ensayos del tractor Winnipeg.

1910 - 1914

1) La primera demostración de tractores se realizó en Omaha, Nebraska.
2) Arado Tractor de Stock 1911.
3) Fueron presentados tractores más ligeros y de menor tamaño.
4) Se presentaron tractores sin bastidor.

1915 - 1919
Aparece la toma posterior de potencia. (T.P.P.).
1) Se aprobó, en el estado de Nebraska la ley de ensayos de tractores.
2) Ford inicia la fabricación en serie del modelo Fordson (1916).

1920 - 1924- Se presenta con éxito el tractor agrícola para todo uso.

1925 - 1929 - La T.P.P. es gradualmente aceptada.

1930 - 1937

1) El motor diesel es utilizado en grandes tractores.
2) Aparecen los tractores con neumáticos inflables, así como también con mayores velocidades.
3) Ferguson inventa el enganche de tres puntos (1934).
4) Se adoptan los equipos eléctricos para el tractor.
5) Aumenta la fabricación de motores de alta compresión.
6) El tractor para todo uso tiene finalmente una gran aceptación.

1937 - 1941

1) La Normalización de la toma posterior de potencia y los enganches fue masivamente aceptada. ASAE y SAE.

2) Se introduce la utilización de sistemas de enfriamiento presurizados.
3) Se acepta ampliamente el hidroinflado.
4) Se comienza a equipar a los tractores con enganche de tres puntos
5) Son introducidos los controles hidráulicos.

1941- 1949

1) Se adoptan los controles hidráulicos para subir y bajar implementos.
2) Se introduce el tractor con motor a gas licuado de petróleo.
3) Crece él numero de tractores para jardines.

1950 - 1960

1) La potencia de los tractores agrícolas aumenta rápidamente.
2) Aumenta el porcentaje de tractores diesel.
3) Aprecen las direcciones hidráulicas, transmisiones automáticas y transmisiones con mayor numero de marchas.

1961 - 1970

1) La potencia de los tractores continúa en aumento.
2) En EE.UU todos los grandes tractores tienen motores diesel.
3) Se da mayor importancia a la seguridad y comodidad del operador.
4) Se provee a los tractores con neumáticos radiales.

1970 - 1985

1) Como respuesta a la crisis del petróleo se retoma un desarrollo anterior y se le agregan a los motores diesel, el turbocompresor y el post- enfriado.
2) Se comienzan a utilizar las estructuras de protección, y desde octubre de 1976 son exigidas en todos los tractores fabricados en EE.UU. Ensayo R.O.P. (Roll Over Protection).
3) Los tractores más grandes son equipados con cabinas.
4) La prueba de Nebraska introduce mediciones de sonido.
5) Aumenta la popularidad de la tracción en las cuatro ruedas.
6) El porcentaje de tractores de mas de 75 kW de potencia es cada vez mayor.

Para finalizar en los últimos 15 años los fabricantes han desarrollado, equipos cada vez mas sofisticados, dando prioridad a los componentes electrónicos así como a la sustitución de los actuadores mecánicos por los electrohidráulicos. En este sentido este cambio ha sido principalmente en las transmisiones.

Por otro lado toma un papel muy importante la seguridad y la ergonomía en el desarrollo del tractor agrícola, finalmente, tras el inicio de la crisis energética los técnicos deben encarar el desarrollo de motores cada vez más eficientes en cuanto al uso de los combustibles, fundamentalmente los de origen fósil.

Los neumáticos de carcasa radial se han impuesto en el tractor europeo, en

cambio en Norteamérica no sobrepasan el 50 % del mercado. El peso promedio de los tractores ha seguido aumentando, sin embargo, esa tendencia hacia el aumento ha sido mayor en la potencia de los motores que equipan, resultando en una disminución de la relación peso/potencia, que hoy se ubica en una media menor a 500N/kW (40 kg/CV).

3. - Clasificación de los tractores

Los tractores se pueden clasificar desde diferentes puntos de vista, a saber: sistema de rodadura, trabajos que realizan, tipos de acoplamiento y tractores especiales.

3.1. - En cuanto a su sistema de rodadura

3.1.1. - Tractor de ruedas (Figura 1).

3.1.1.2. - De tracción trasera. Dos ruedas motrices Two Wheel Drive 2WD (ASAE)

3.1.1.3. - De tracción en las cuatro ruedas Doble Tracción.

3.1.1.4. - De ruedas desiguales, siendo las delanteras más pequeñas. Tracción delantera asistida. FWA: Front Wheel Assisted (ASAE). Tractor modal europeo y de alta presencia en el mercado brasileño.

3.1.1.5. - De cuatro ruedas iguales motrices 4WD Four Wheel Drive (ASAE). Lo más frecuente es que sean de chassis articulado.

3.1.1.6. - De seis ruedas motrices 6WD Six Wheel Drive. Tienen tres ejes motrices. Algunos diseños de tractores de montaña pequeños o bien grandes tractores ocasionales hoy en el mercado canadienses.

3.1.2. - Tractores de orugas o cadenas (Figura 1).
3.1.2.1. - De ruedas iguales.
3.1.2.2. - De ruedas desiguales.

3.1.3. - Motocultores: Tractor de un solo eje, de potencia reducida, ya que no pasan de los 15 kW (20 CV) de potencia.

3.2. - En cuanto a trabajos que realiza.

3.2.1. - Como vehículo de tracción que arrastra aperos.
3.2.2. - Como vehículo de motor que acciona maquinas móviles
3.2.3. - Como vehículo de motor que acciona maquinas fijas.

3.3. - En cuanto a los diferentes sistemas de acoplamiento al tractor.

3.3.1. - montaje posterior en tres puntos (tres grados de libertad restringidos

caracterizan a un equipo integral). El peso del apero y toda su carga dinámica son soportados por el tractor. La D – 230 (ASAE Standards, 1994) les asigna una tasa de transferencia de peso del 65 % del esfuerzo traccional (T).

3.3.2. - montaje frontal en tres puntos (integral). Han tenido utilización en tractores dentro de sistemas europeos. Permiten portar una maquina adelante a la vez que una trasera. Podrían fundarse en una reducción de tráfico.

3.3.3. – de arrastre o tracción libre, se vinculan por barra de tiro (extremo proximal al apero con un grado de libertad a través de un perno), ejemplo: arado de rejas. En estos casos la totalidad del peso del apero, es soportado por sus propias ruedas. La posibilidad de obtener una carga dinámica sobre el tractor está condicionada por un enganche alto en la barra de tiro del tractor y más bajo en el apero. A estos acoplamientos les corresponde la tasa de transferencia dinámica de peso de 25 % de la componente horizontal de esfuerzo de tracción (T) (Dinamyc Weight), establecida por Zoz (1972) y tomada por la D – 230 de ASAE, Standards, 1994).

3.3.4. Otra alternativa de aperos enganchados a la barra de tiro, es hacerlo a través de una lanza, (empotrada en el apero, sin grados de libertad), ejemplo la mayoría de los cinceles y sembradoras. En ese caso el apero lleva un solo eje, las ruedas entonces están en un mismo plano, y el apero en su conjunto cuenta con un grado de libertad que le permite girar sobre ese eje. En ese caso la tasa de transferencia dependerá de la ubicación del eje. Cuanto más atrás se ubique, mayor será la tasa de transferencia que tenga. En ese caso el peso del equipo y fundamentalmente la carga dinámica, se repetirá entre sus ruedas y el apoyo que logre en el tractor a través de la lanza en la barra de tiro. En caso de escarificadores de cinceles, la tasa de transferencia puede llegar a ser la misma que la de los equipos semi – montados que están en el orden de 45 % de T. (Balbuena *et al.* 1998).

3.3.5. Aperos semi – montados. Se enganchan en los brazos inferiores o de tracción del elevador hidráulico tripuntal, no utilizan tercer punto y llevan siempre una rueda trasera accionable desde un actuador a distancia, normalmente un cilindro, para el ascenso y descenso. Tanto el peso como la carga dinámica se reparten entre esa rueda y los brazos inferiores del elevador hidráulico. La tasa de transferencia es del 45% de T, según la D – 230. (ASAE Standards, 1994).

3.4. - Tractores especiales

3.4.1. - Tractores de gran potencia, articulados o con dirección en las cuatro ruedas. Potencia de 175 a 250 kW o más.

3.4.2. - Tractores forestales, (skidders, forwarders, harverster), son de 4 ruedas motrices u orugas, con cabina con gran protección. Su necesidad de alta capacidad de tráfico en terrenos muy difíciles las ha llevado a presentar

prototipos de modelos podales. Esto significa la robótica aplicada a la locomoción, en harvester que no llevan ruedas ni orugas sino piernas robotizadas.

3.4.3. - Tractores estrechos o viñateros, con un ancho inferior a 1200 mm.

3.4.4. - Tractores elevados o zancudos, para marchar sobre cultivos altos, como algodón, viñedos y caña de azucar.

3.4.5. Tractores con cabina frontal, cuatro ruedas motrices iguales (4WD), chasis rígido, pueden utilizar aperos traseros o delanteros. Suele llevar suspensión, lo que le permite circular a mayor velocidad.

a) Tractores de ruedas **b) Tractores de orugas**

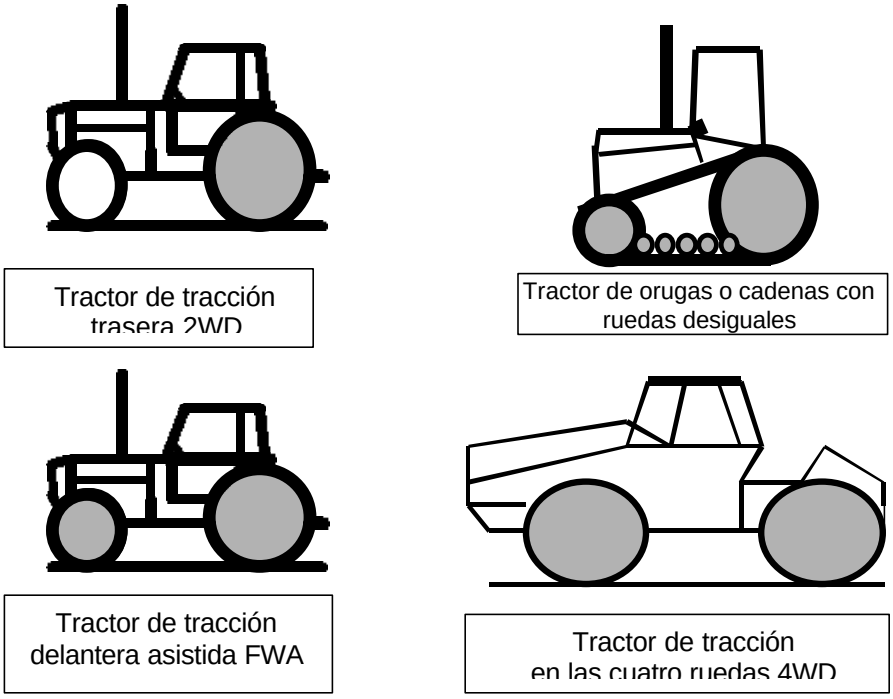
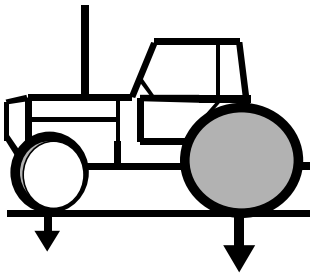
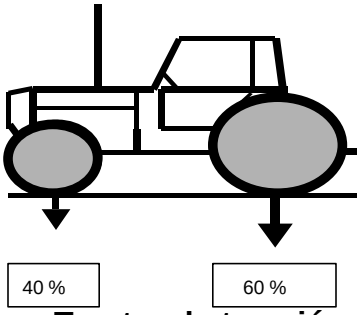

Tractor de tracción trasera 2WD
Tractor de orugas o cadenas con ruedas desiguales
Tractor de tracción delantera asistida FWA
Tractor de tracción en las cuatro ruedas 4WD

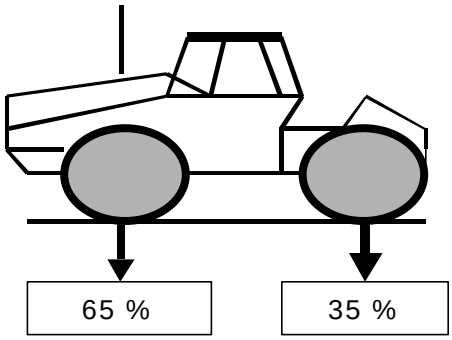
Figura 1: Tipos de tractores según su sistema de tracción.



Tractor de tracción trasera 2WD



Tractor de tracción delantera asistida FWA



Tractor de tracción en las cuatro ruedas FWD

Figura 2: Distribución de peso en los tractores agrícolas

4.- Prestación y manejo de los diferentes diseños básicos

4.1.- Dos ruedas motrices (2WD)

Figura 3: Tractor de dos ruedas motrices 2WD

4.1.1.- Prestación:

Es un diseño que debiera estar limitado sólo a pequeños tractores. Si definimos la Eficiencia Tractiva Global como la razón entre la potencia entregada por el motor (**N_m**) y la efectivamente utilizada en tracción (**N_b**) podríamos expresar :

$$\eta_{TG} = N_b / N_m$$

El tractor de dos ruedas motrices puede tener una prestación en condiciones medias del terreno agrícola de hasta un 0,6 de eficiencia tractiva global. Por lo tanto de un buen comportamiento a campo, en buenas condiciones de enganche y reglaje del implemento traccionado, es dable esperar unas pérdidas de potencia del orden del 40% si considero la entregada por el motor.

4.1.2.- Manejo del contrapesado:

En condición estática, la amplia mayoría de los tractores 2WD responde al modelo de distribución de peso de 2/3 sobre el eje trasero y 1/3 sobre el delantero, que

es sólo directriz a través de un sistema Ackerman (Figura 4). Sin embargo al momento de trabajar debemos favorecer el lastrado dinámico del tractor, haciendo que la carga vertical de el equipo traccionado (**V**), favorezca correspondientemente una transferencia anteroposterior de peso (V a/L) más (T h_b/L), que termine distribuyendo, en condiciones de trabajo de elevada tracción, en el orden del 85% de la carga total, peso estático más dinámico, que llamaremos Peso Adherente (Q_{adh}), al eje trasero motriz. De esa manera el 15% remanente es la proporción necesaria para mantener una razonable capacidad de maniobra en su direccionamiento (R_2). Toda carga por encima de la necesaria para tener buena dirección, sólo incrementa las pérdidas al rodar sin favorecer la eficiencia tractiva.

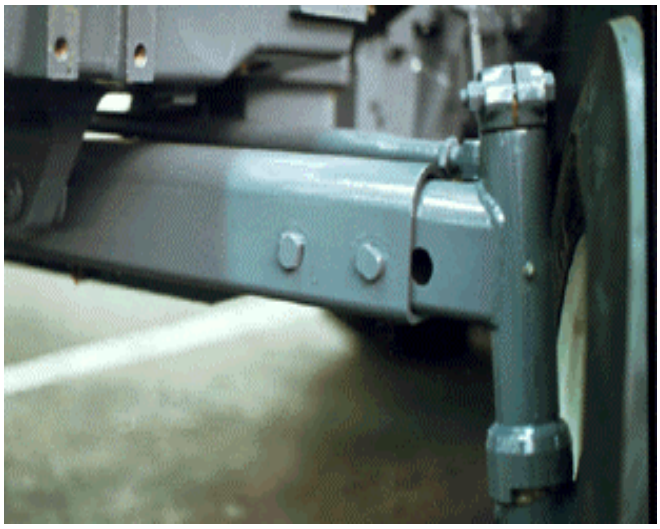


Figura 4 Dirección tipo Ackerman

Por otro lado debe considerarse que el diseño 2WD, cuenta con valijines delanteros de lastre de aproximadamente 350 N (35,7 kgf), cada uno, que son por tanto fáciles de remover, para adecuar el peso delantero, que sólo deberá aumentarse en el momento que se notara falta de dirección ante un mayor esfuerzo de traccción. Además, ese lastre delantero en este diseño, es el único que debe ser soportado por la estructura del tractor, ya sea monoblock o chasis, ya que los otros no influyen sobre la parte estructural sino directamente al suelo a través del rodado. El tractor rueda sobre los contrapesos de los discos y el hidroinflado y traslada soportando la cupla de fuerzas generada, a los lastres delanteros de la estructura. Toda vez que se pudiera reemplazar ese lastre de valijines sobre la estructura por el hidroinflado de las ruedas delanteras, sería fuertemente aconsejable, para cargar menos la estructura y los propios rodamientos delanteros.

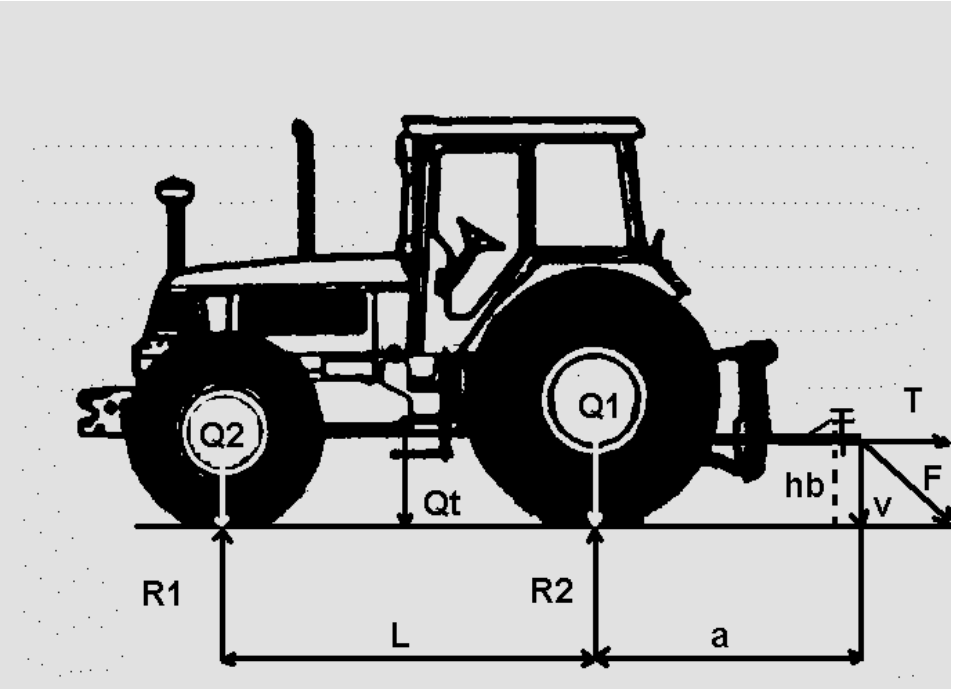


Figura 5: Tractor trabajando en el suelo agrícola

Donde:
Q_t = Peso total
Q_1 = Peso estático en el eje trasero
Q_2 = Peso estático eje delantero
L = Batalla o distancia entre ejes
a = Largo de la barra de tiro
V = Componente vertical del esfuerzo de tiro (F)
T = Componente horizontal del esfuerzo de tiro (F)
h_b = Altura de la barra de tiro
R_1 = Reacción del suelo bajo eje trasero
R_2 = Reacción del suelo bajo eje delantero
Q_{adh} = Peso adherente

De forma que, tomando respectivamente como centro de momentos la vinculación de cada eje al terreno a través del rodado, podemos deducir para cada eje que:

$$Q_{adh} = R_1 = Q_1 + V + V \times (a/L) + T \times (h_b/L) = R_2 = Q_2 - V(a/L) - T(h_b/L)$$

Para criterizar el manejo de los lastres introducimos el parámetro Relación peso/potencia: **Q_{adh} / Nm**. La relación peso potencia de los tractores agrícolas ha cambiado mucho si la analizamos en una serie histórica. Los primeros intentos de construcción de tractores hacia la mitad del siglo XIX, usando motores de combustion externa, tenian una relación peso/potencia del orden de 6,5 kN/kW (500 kg/CV). Para el año 1930 cuando comienza a colocar rodados neumáticos, esa cifra bajó a la mitad,

básicamente por la menor relación peso/potencia de los motores de combustión interna. A partir de allí los tractores agrícolas tuvieron siempre una tendencia hacia el aumento del peso, sin embargo, más pronunciado ha sido el incremento de la potencia de sus motores. En el balance se ha operado entonces y hasta la fecha una disminución de la relación peso/potencia, hasta ubicar este parámetro en el orden de 0,5 kN/kW (40 kg/CV), considerándolo en orden de trabajo.

Por otro lado atendiendo a múltiples resultados de ensayos de campo relatados por Dwyer (1978), podemos tomar como válido para condiciones medias de campo una relación $\mathbf{T/Q_{adh} = 0,4}$, eso significaría que para no alejarse de la máxima eficiencia tractiva al tractor de dos ruedas motrices deberíamos cargarlo con un esfuerzo de tiro que fuera del orden del 40% de su peso adherente. La relación T/Q_{adh}, recibe el nombre de coeficiente de tracción (**t**)y se desarrolla *in-extensum*, en el capítulo 3.

Si integro los criterios generales aportados por la eficiencia tractiva global ($\mathbf{h_{TG}}$) y el coeficiente de tracción (**t**), podríamos deducir la tendencia a respetar en este diseño, para armonizar la relación peso/potencia y la velocidad real de avance:
Quedó establecido que:

$$N_m \times 0,6 = N_b$$

y también que:

$$Q_{adh} \times 0,4 = T$$

Puedo entonces establecer que:

$$N_m \times 0,6 = \left(Q_{adh} \times 0,4\right) \times V_{ra}$$

Entonces:

$$1,5/V_{ra} = Q_{adh}/N_m$$

Esta ecuación permite criterizar rápidamente la armonía entre la relación peso potencia y la velocidad de avance pretendida.

Como balance del manejo del contrapesado en tractores convencionales de dos ruedas motrices podríamos resumir los siguientes consejos prácticos, siempre que el acople con el apero lo permita y con la idea de favorecer la máxima transferencia de peso:

- Deberá colocarse la barra de tiro en su posición más larga y más alta.
- Reemplazar la mayor parte del contrapesado de valijines por el hidroinflado del rodado delantero.
- Agregar valijines sólo en el caso que faltara dirección, y quitarlos cuando un menor esfuerzo de tiro no garantice una buena transferencia anteroposterior de ese lastre.
- Siempre atender al lastre máximo autorizado por el fabricante, ya que existen marcadas diferencias en el % de sobrepeso en lastres autorizado. La autorización de un porcentaje muy bajo, es básico para una inferencia de poca confianza del fabricante en la transmisión de ese tractor.

4.2. Tracción Delantera Asistida (FWA)

Figura 6: Tractor de tracción delantera asistida FWA

4.2.1. Prestación:

Este diseño, modal en Europa, que comparte el mercado con los doble tracción de ruedas iguales (4WD), en todo América, mantiene la estructura básica de un tractor 2WD, pero incorpora a partir de la caja de cambios una segunda salida de potencia que mediante barra cardánica llega a un diferencial delantero, que mandos finales mediante, se vincula a sendas ruedas, siempre de menor tamaño que las traseras por no contar con espacio suficiente para el angulo de giro de la dirección Ackerman. No obstante la tendencia ha sido proveer de ruedas cada vez más cercanas al tamaño de las traseras, mediante ingeniosas reducciones del ancho de la transmisión en ese área. La ventaja constructiva del diseño radica en que se usa la misma línea de armado del convencional 2WD al que se suma un tren delantero diferente, permitiendo ofrecer otro tractor sin demasiadas complicaciones fabriles.

La eficiencia tractiva esperable en condiciones medias del terreno agrícola, es del orden de $\mathbf{h_{TG}}$ = 0,66 a 0,68. Esto es un 6 a 8 % por encima de un dos ruedas motrices. Desde ya que estas diferencias, a favor del tracción asistida, se incrementan en la medida que empeora el estado de transitabilidad del terreno y, disminuyen en la medida que el terreno adquiere más capacidad portante. El diseño incluye normalmente un diferencial delantero que trabaja bloqueado para evitar el patinamiento diferencial de sus ruedas. Es importante el trabajo autobloqueado del diferencial delantero, para mantener una prestación razonablemente encima del de dos ruedas motrices, al igual que el avance cinemático del rodado delantero.

Una particularidad del diseño es este avance cinemático que poseen todos en sus ruedas delanteras, respecto a las traseras. Esto significa que la velocidad tangencial del rodado delantero de estos tractores es mayor que el trasero. Ese avance

cinemático se ubica en el rango de 3 a 4% y es una solución de compromiso que tiene dos objetivos:

1. Mejorar la eficiencia tractiva circulando en suelos blandos. Muchos ensayos de campo coinciden en señalar a avances cinemáticos del orden de 13%, como los que otorgan mayor $\mathbf{h_{TG}}$ en esas condiciones de escasa capacidad portante. Sin embargo, el avance cinemático se limita a alrededor de 3% por razones de seguridad ya que de seguir usando la tracción delantera en condiciones de suelos duros, el tractor comienza a tener un par de inconvenientes. El primero es una sobrecarga de la transmisión que puede terminar en la rotura de mandos finales delanteros, recibe el nombre de “wind-up” (ASAE). Es el resultado de una disminución del patinamiento que necesita tener el tren delantero para absorver esa diferencia de velocidades de los ejes trasero y delantero. La transmisión reciba esa sobrecarga porque el trwen delantero pretende llevar a la rastra al trasero y por supuesto no lo logra. En el medio de este flujo de esfuerzos se encuentra la transmisión. En segundo lugar ese intento de escaparse el tren delantero termina ocasionando un salto, recurrente en el tren delantero, como forma de absorver la diferencia cinemática, en lugar del patinamiento, que no se da por alta tenacidad del suelo. Ese fenómeno se conoce como galope o "power hop", y es atentatorio de una buena prestación y la propia duración de la transmisión.
2. El segundo objetivo a cumplir con el avance cinemático es garantizar el cambio de dirección o giro del vehículo. Como todo chasis rígido con dirección Ackerman, el tractor FWA al girar describe cuatro huellas circulares concéntricas. Las correspondientes al eje delantero son externas respecto a las del trasero. Esto significa que al girar, las ruedas delanteras deben recorrer mayor distancia en el mismo tiempo. La solución ha sido por lo tanto darles mayor velocidad de avance para que lo resuelvan, manteniendo un razonable radio de giro.

4.2.2. Manejo del contrapesado:

La distribución de pesos estática de este diseño suele ser 60% en el tren trasero y 40% adelante. Es lógico que tenga más peso adelante que el 2WD. Primero porque tiene un tren delantero más pesado. Segundo, porque ese tren es motriz y el peso le sirve para una mejor prestación. Pero, es muy importante vigilar la cantidad de valijines delanteros que porta. Un exceso podría darle al rodado demasiado gripaje y éste evitar el necesario patinamiento que absorba el avance cinemático.

En Argentina, con cierta frecuencia se ven tractores de este diseño con demasiados contrapesos delanteros. Normalmente esto ocurre en aquellos tractores importados de Europa. La cantidad de lastre delantero que traen es la adecuada para su sistema de producción, pero no para el nuestro. Allá, cada vez que el tractor hace importantes esfuerzos de tiro, como arar, lo hace con equipos montados en los tres puntos. Esos equipos tienen la más elevada tasa de transferencia anteroposterior de peso, 65% según Zoz (1972). En cambio en nuestros sistemas cerealeros, jamás usamos equipos montados, sino de arrastre o tracción libre. En este caso la tasa de transferencia, si es que están bien enganchados, será como máximo de 25%, basado en los trabajos del mismo autor. De modo que la menor transferencia anteroposterior dejará demasiada responsabilidad al tren delantero y puede ocurrir que no le permita el

necesario patinamiento requerido por la diferencia de velocidades de los ejes.

4.3. Doble Tracción de ruedas iguales (4WD)

Figura 7: Tractor doble tracción de ruedas iguales 4WD con rodado single.

Figura 8: Tractor de chasis articulado doble tracción de ruedas iguales 4WD portando rodado dual.

4.3.1. Prestación:

Los desarrollos comerciales dentro de este diseño han sido al presente por lo menos cuatro:

- Tractores de chasis rígido con dirección en los dos ejes (Antiguo diseño llamado Cangrejo de Case)

- Tractores de chasis rígido y corto, con dirección Ackerman delantera y cabina frontal. (El viejo Intrac de Deutz, el actual MB Trac de Mercedes Benz o el Z Trac de Zanello).

- Tractores del tipo tracción delantera asistida (FWA), adonde se extendieron suficientemente los palieres, como para montarle cuatro ruedas grandes e iguales, merced al mayor ángulo de inclinación que esa separación del chasis o monoblock le da.

- Tractores de chasis dividido, con dirección a través de la articulación central. Se los menciona habitualmente como tractores articulados.

Sin embargo la amplia mayoría de los desarrollos comerciales se ha inclinado por éste último diseño, donde se encuentra la oferta de la casi totalidad de los fabricantes actuales y sobre el mismo basaremos nuestros datos de prestación y propuesta de manejo de lastres.

La eficiencia tractiva global media ($\mathbf{h_{TG}}$)que puede inferirse de los ensayos de campo de estos diseños es del orden del 0,78 a 0,80, con muy poca variabilidad, es decir el diseño garantiza bastante independencia de su prestación en relación a la capacidad portante del suelo, si lo comparamos a los diseños anteriores. Para un tractor que tendrá por lo menos un 15% de pérdidas a través del funcionamiento de su propia transmisión, significa que el autotransporte y el patinamiento sumarán en el orden de sólo 5 a 7% de pérdidas.

Es muy poco frecuente encontrar citados patinamientos mayores al 3% en estos diseños. Esto lo hace muy eficiente en tareas de alto esfuerzo de tiro. Sin embargo también debe llevarnos a reflexionar sobre lo juicioso que el tractorista que lo opere debe ser. Es decir que, y a modo de ejemplo, ante una detención arando por ejemplo con rejas, para volver a salir el tractorista debiera desclavar el arado, salir de la amelga, y volver a entrar bajando el equipo a su velocidad normal. Si esto ocurriese con un conjunto arado - tractor 2WD el tractorista que intentase salir con el arado clavado no lo lograría ya que el patinamiento inmediatamente generado sería del 100%. El patinamiento actúa en trances como un fusible en estos casos e impide que la transmisión del tractor se sobrecargue.

En los tractores 4WD articulados, por tener tanta eficiencia tractiva, seguramente esa operación sí sobrecargará la transmisión, adonde el fusible es el disco de embrague que terminará quemado. No se trata de una pieza costosa para reponerla, sino que la inversión será en tiempo perdido, sobre todo, pues muchos tractores necesitan remover la caja de cambios para el recambio. Por la anterior razón, son

importantes las ventajas que ofrece una caja de cambios separada y no estructurada al motor, pues el recambio del disco de embrague se hará desmontando sólo una barra cardánica. En un diseño donde es esperable tener una mayor frecuencia de deterioro del disco de embrague, esto resulta muy importante.

4.3.2. Manejo del contrapesado

Los diseños 4WD permiten una variabilidad muy grande de lastrado, toda vez que tomando en cuenta sólo el hidroinflado de sus, al menos, cuatro ruedas, en el caso fueran 18,4 x 34 ya tendría un sobrepeso de por lo menos 11,8 kN (1200 kgf), pudiendo llegar a duplicar ese monto, toda vez que portara duales de anclaje independiente y se hidroinflaran las ocho.

El diseño, más aún en tractores grandes, procura tener la mayoría de su peso estático sobre el eje delantero, al punto que los actuales llegan ya a una división de Q1 = 30% y Q2 = 70%. Esto sucede porque debería buscarse una carga pareja de sus ejes, si en realidad quiero aprovechar la posibilidad que el diseño brinda de repartir por igual la responsabilidad de tracción. Ese reparto de pares será parejo toda vez que sea igual la carga de cada rueda sobre el suelo, para que la reacción sobre las ruedas sea igual.

El problema es que dificilmente esto se logra trabajando con tractores grandes, pues llevan grandes aperos. Estos aperos transfieren tanto peso dinámico al eje trasero donde van enganchados, que hacen que ante importantes esfuerzos tractivos, siempre el eje trasero termina soportando más carga normal que el delantero. Ensayos de campo llegan a medir, para las peores condiciones, un reparto de pares: 80% atrás, 20% adelante. Cualquier historial de mantenimiento de estros tractores podrá ratificar que de tener roturas de diferencial, serán siempre sobre el trasero.

Esto obliga a plantearse el manejo de lastres, estáticos y dinámicos de este diseño, en forma opuesta a la propuesta para los de dos ruedas motrices. Todo debe tender a descargar el tren trasero, para no comprometer más a su diferencial. Y podríamos resumirlo así:

- En caso de necesitar hidroinflar las duales, hacerlo sólo con la delanteras.
- La barra de tiro, ante altos esfuerzos de tiro, colocarla en lo posible corta y en posición baja.
- Mantener la presión de inflado pareja en todas las ruedas, las cuatro, ocho o doce, que pueda llevar. La sobrepresión en uno de los ejes crearía un avance cinemático que sería perjudicial para la transmisión.

2.- Clasificación de la maquinaria agrícola

Según la normas ISO de maquinas agrícolas, las mismas se pueden clasificar en:

a) Maquinas enganchadas al tractor

- **Remolcadas**: Son maquinas enganchadas al tractor en un solo punto por medio de la placa de enganche (apero) y la barra de tiro (tractor). Pueden ser enganchados y desenganchados fácil y rápidamente. Como el apero va sobre sus propias ruedas o elementos de soporte, queda independizado de los movimientos del tractor, realizándose rápidamente las operaciones de enganche y desenganche.

- **Montadas**: Son maquinas acopladas al tractor en el enganche en tres puntos, de tal forma que son completamente soportadas por aquél en su posición elevada. El guiado y la profundidad de trabajo pueden así ser controlados por el tractor. Está, sin embargo, limitado su tamaño con respecto a los otros dos tipos de acoplamiento por problemas de estabilidad cuando la maquina es levantada, lo que obliga a colocar contrapesos frontales en el tractor.

- **Semimontadas**: Son básicamente maquinas suspendidas, pero con apoyo sobre una rueda trasera. Con esto se permiten pesos mucho mayores y también longitudes mayores que en las montadas. Están enganchadas al tractor por medio de una barra de acoplamiento horizontal, siendo parcialmente sustentadas por el tractor (nunca por completo) y pudiendo así responder directamente a la dirección del mismo.

b) Maquinas automotrices

- Son maquinas que se desplazan por el terreno impulsadas por un motor propio, pueden poseer neumáticos u orugas

c) Maquinas estacionarias

- Son maquinas que se pueden trasladar al lugar del establecimiento donde deben realizar la labor.

d) Maquinas fijas

- Como su nombre lo indica, son maquinarias que están fijas en un lugar determinado del establecimiento agropecuario.

3.- Dimensionamiento de la maquinaria agrícola

Etapas del proceso de dimensionamiento.

Determinación del sistema de producción.

Especificación de las prácticas de determinado cultivo.

Especificación de las operaciones mecanizadas necesarias.

Tiempo disponible para el laboreo.

Límite Superior de Laboreo (L.S.L.)

Días aptos para el laboreo.

Determinación de la Capacidad Efectiva de Campo (C.E.C.)

Capacidad Teórica de Trabajo (C.T.T.).

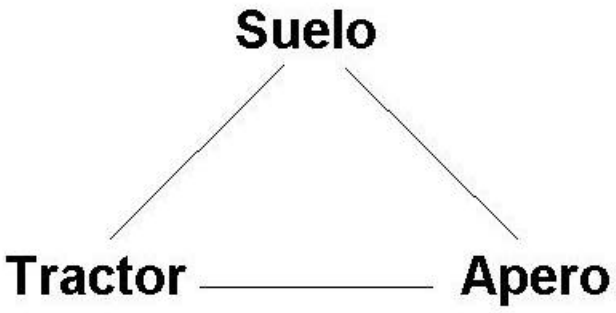
Eficiencia de Campo (E.C.).

Determinación del Ancho Operativo de los equipos.

Determinación de la Potencia requerida.

Proceso de dimensionamiento.

Se denomina dimensionamiento al proceso de adecuación y determinación de la compatibilidad de los elementos constituyentes del parque de maquinaria de uno o de varios predios agropecuarios. Para lograr un correcto dimensionamiento de la maquinaria agrícola, es preciso que exista una relación armónica entre:



Objetivos.

El objetivo principal de un dimensionamiento es el cumplimiento adecuado del cronograma de trabajo que impone un sistema de producción dado en uno o más predios. El aumento de los beneficios económicos de un predio, se puede lograr por

aumento de la productividad de los rubros que componen el sistema o por la reducción de los costos de producción. En ambos casos es de vital importancia la correcta selección de la cantidad y calidad de la maquinaria necesaria y el cumplimiento de las metas propuestas en cuanto a rendimientos y resultados.

- **Etapas del proceso de dimensionamiento.**

Determinación del sistema de producción.

Es necesario determinar:

- Cultivo: X.
- Características de la empresa agropecuaria: Intensidad de la producción, superficie del predio, etc.

  Especificación de las prácticas de cultivo para todos los rubros integrantes del sistema.

- Destino de la producción: industria, pastoreo, etc.
- Rotaciones.
- Otras características.

  Especificación de las operaciones mecanizadas necesarias.

- Laboreo primario. Tipo de labranza. Cantidad de pasadas.
- Laboreo secundario. Tipo de laboreo. Cantidad de pasadas.
- Siembra directa.
- Fertilizaciones, aplicación de fitosanitarios, etc.
- Cosecha.

- **Tiempo disponible para el laboreo.**

Se entiende por días disponibles para el laboreo al número de días, que con determinada probabilidad, los suelos se encontrarán con un contenido de agua igual o menor al límite superior de laboreo.

Límite Superior de Laboreo (L.S.L.)

El límite superior de laboreo es el contenido de agua de la capa arable, a partir del cual se pueden realizar operaciones de laboreo. Se puede precisar por métodos de laboratorio y se ha determinado que el L.S.L. está ubicado a un contenido de humedad promedio igual al 85% de la Capacidad de Campo. El Límite Inferior de Plasticidad es una buena estimación del mismo, ya que promedialmente es equivalente al 84% de la Capacidad de Campo.

Días aptos para el laboreo.

La información se puede obtener por registros históricos o trabajos de investigación como el de Gonnet (1981), en el que se define como días aptos para el laboreo a aquéllos en que el suelo se encuentra con un contenido de agua igual o menor al 84% del Agua Disponible en los primeros 10-12 cm de suelo. Se determinó la probabilidad de ocurrencia en los diferentes meses del año.

Parques de mayor capacidad de trabajo. Mayor seguridad en el cumplimiento del cronograma. Mayor riesgo de sobredimensionamiento.	MAYOR PROBABILIDAD DE OCURRENCIA
Parques de menor capacidad. Menor seguridad de cumplimiento. Mayor riesgo de subdimensionamiento.	MENOR PROBABILIDAD DE OCURRENCIA

Determinación de la Capacidad Efectiva de Campo (C.E.C.)

La Capacidad Efectiva de Campo es la relación existente entre la superficie trabajada en una tarea dada y el tiempo total que dispuso para realizarla. Están considerados en ella todos los períodos de tiempo no utilizados en trabajo real de la herramienta considerada.

$$Cec(ha/días) = \frac{superficie(ha)}{tiempo\ total\ (días\ aptos\ para\ trabajar)}$$

Capacidad Teórica de Trabajo (C.T.T.).

La Capacidad Teórica de Trabajo de un conjunto tractor-implemento, toma en cuenta el tiempo trabajado y depende del ancho operativo teórico del implemento y de la velocidad teórica de trabajo.

$$CTT(ha/h) = \frac{Ancho(m) \times Vel(km/h) \times 1000\,(m/km)}{10000\,(m^2/ha)}$$

Capacidad de Trabajo efectiva (C.T.E.).

La Capacidad Teórica efectiva de un conjunto tractor-implemento, toma en cuenta el tiempo trabajado y depende del ancho operativo real del implemento y de la velocidad real de trabajo.

$$CTE(ha/h) = \frac{Ancho\ real(m) \times Vel.real(km/h) \times 1000\,(m/km)}{10000\,(m^2/ha)}$$

Eficiencia de campo

$$Ef.de\ Campo\ (\%) = \frac{C.T.E.}{C.T.T.}$$

Vamos a tratar de discutir en que medida los tiempos perdidos en la operación afectan la capacidad de trabajo. Los tiempos perdidos en la operación están determinados por : el diseño de trabajo, los giros durante la labor, ajustes y reparaciones de la maquinaria, mantenimiento de la maquina y el transporte al lugar de operaciones.

- **Diseño de trabajo (Figura 9 a y b)**

Se debe ajustar el diseño de trabajo al tamaño y la forma del lote y reducir numero de pasadas, tanto como sea posible, trabajando a lo largo del lote.

Al planear la practica de conservación de suelo, con el uso de terrazas paralelas, por ejemplo, se debe considerar la eficiencia de operación de la maquina. Por ultimo se debe intentar arreglar el laboreo en contorno, con diferentes anchos de maquinas para evitar calles inútiles y retrocesos.

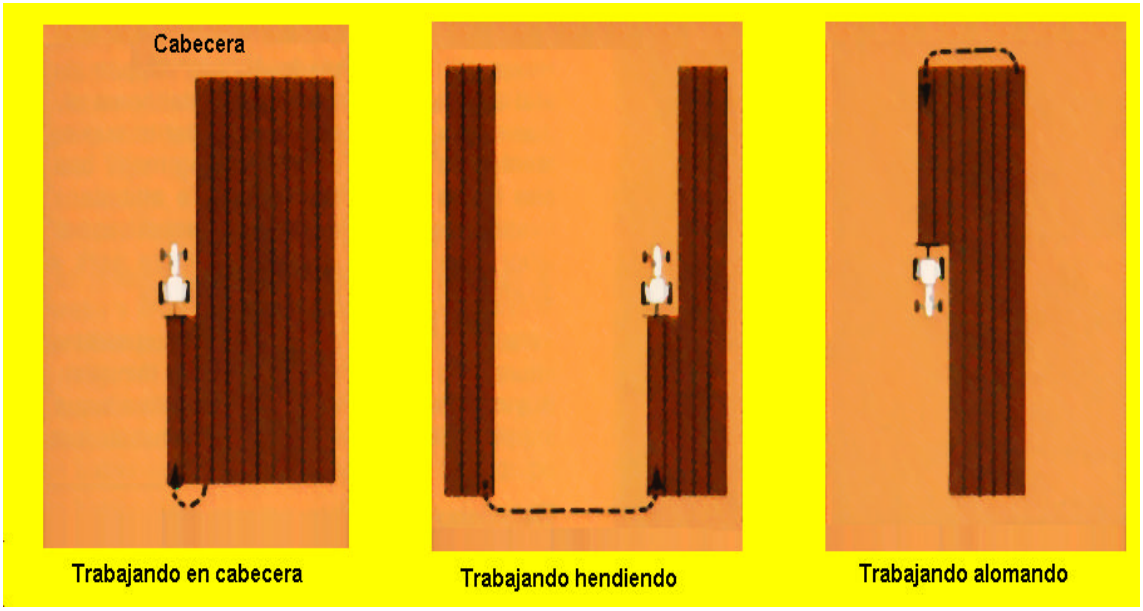


Figura 9 a: Diseños mas típicos de labranza en el campo.

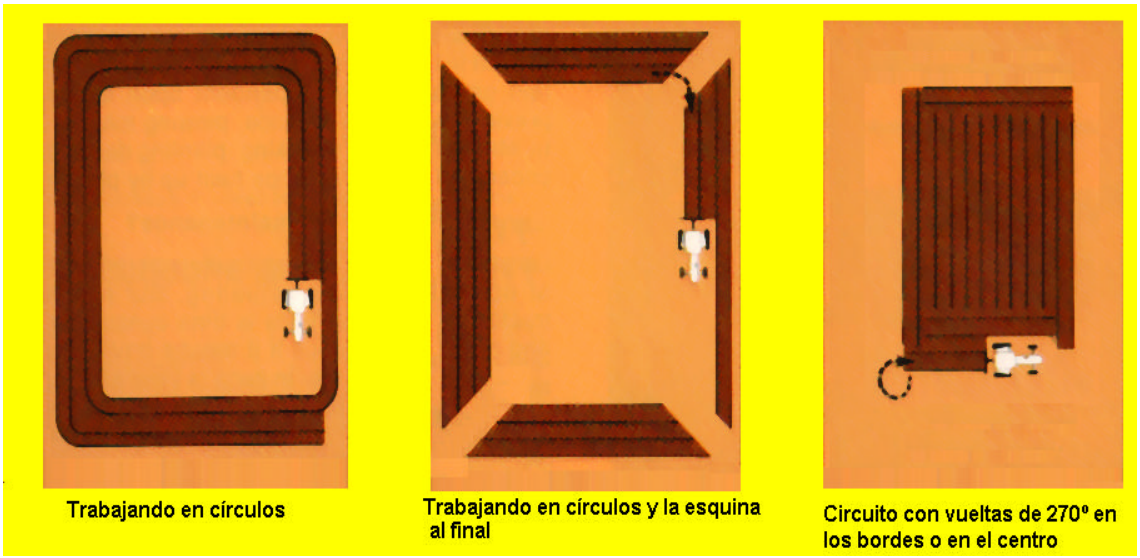

Trabajando en círculos
Trabajando en círculos y la esquina al final
Circuito con vueltas de 270º en los bordes o en el centro

Figura 9 b: Diseños mas típicos de labranza en el campo.

- **Giros durante la labor.**

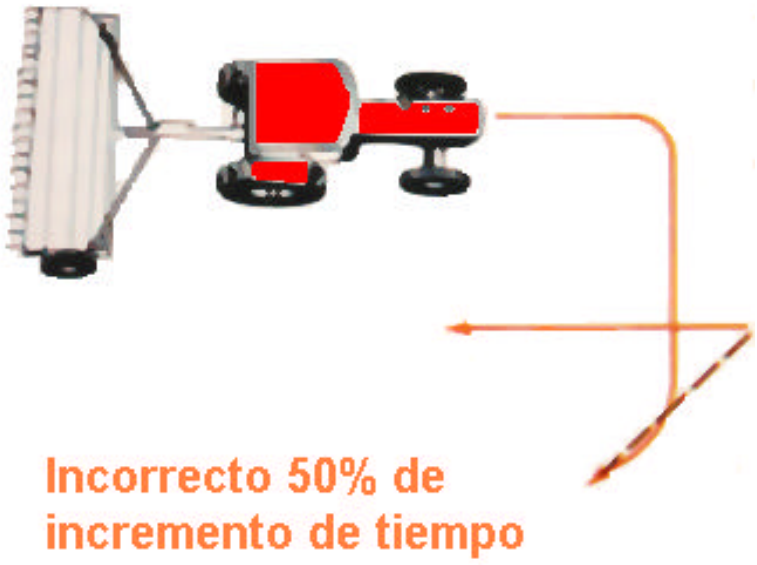


Figura 10: Tiempo de giro

El numero total de vueltas es directamente afectado por el diseño de trabajo y el ancho de labor de la maquina.

Trabajando cruzado con una maquina de ancho de labor estrecho, se incrementa el tiempo y el numero total de vueltas. Por otra parte, los implementos anchos hacen que el área de giro sea el doble de un implemento angosto, el área de giro estrecha requiere el retroceso del tractor, esto hace que el tiempo de giro se incremente un 50 % (Figuras 10 y 11).

Figura 11: Tiempo de giro (mantenerlo al mínimo)

De lo anterior, se puede inferir que se debe tener en cuenta el ancho de labor de las maquinas y el espacio de las cabeceras, para así perder el menor tiempo posible en los giros. En la Figura 12, se puede ver la forma de realizar el giro correctamente.

Figura 12: Forma correcta de realizar el giro

El estado mecánico del suelo por donde gira el equipo, también produce incrementos del tiempo, superficies blandas incrementan entre un 10 a 30% el tiempo de giro comparado a superficies duras.
Los potreros estrechos, requieren menos tiempos para traslados, pero hay un excesivo numero de surcos ‘’muertos’’ que requerirán bastante tiempo extra para marcar , abrir y finalizar la tarea.
En los potreros anchos se requiere mayor tiempo de traslados, ya que hay menor números de surcos ‘’muertos’’ que en los potreros estrechos. Sin embargo debido al traslado, las cabeceras quedan muy compactadas.
También la forma de los potreros determina cambios en los tiempos perdidos durante la operación pues mientras un potrero de forma rectangular un menor numero de giros durante la labor, sucede a la inversa en los potreros de forma irregular.

- **Tiempo de ajustes y reparación**

El cuidado, mantenimiento y preparación del equipo, previo a las labores, junto al servicio diario recomendado por el manual de mantenimiento puede afectar el tiempo perdido durante la operación en el campo.
Un buen programa de mantenimiento preventivo permite utilizar todo el tiempo de trabajo, en el campo, y que este no sea agotado por cualquier falla imprevista. Sin embargo pueden aparecer fallas imprevistas y estas no están exactamente relacionas con el uso anual ni a la edad de la maquina. Algunos de los tiempos perdidos pueden estar relacionados con la actitud y conocimientos del operador para realizar las labores.

Un operador preparado, puede, generalmente, reducir los tiempos perdidos.
Volviendo al equipo, el tiempo puede ser ahorrado debido a la correcta selección del equipo, ya que una maquina confiable, que requiera el mínimo servicio ahorrara mas tiempo que una de inferior calidad y confiabilidad. En tal sentido se deben comprar los repuestos en establecimientos autorizados por la marca del equipo, que tengan un sistema de servicio confiable y que se encuentren cercanos al establecimiento agropecuario.
Es importante remarcar que atrasos en el campo, por ajustes o fallas imprevistas, pueden volverse críticos desde el punto de vista de completar puntualmente las operaciones para lograr los máximos rendimientos y calidad de cultivo.

Tabla1: Velocidad y eficiencia de campo de los aperos mas utilizados en la labranza del suelo.

PERFORMANCE TIPICA DE DISTINTOS APEROS DE LABRANZA

Apero	Velocidad	Eficiencia de campo (%)
Arado de reja	5.6 a 7.5 km/h	74 a 90
Arado de disco	6 a 8 km/h	74 a 90
Cincel	5.6 a 10 km/h	75 a 90
Cultivador de discos	6.4 a 11.2 km/h	70 a 90
Rastra de discos	6 a 10 km/h	70 a 90
Rastra de dientes	6 a 10 km/h	70 a 90
Cultivador de campo	6.4 a 12.8 km/h	75 a 90
Subsolador	4 a 6 km/h	70 a 90

- **Tiempo de mantenimiento**

Tractores con tanques de gasoil de gran tamaño permiten la realización de mayores

superficies ya que trabajan mas cantidad de horas sin recargar combustible. Retornar con el tractor, para recargar, de campos lejanos, no solo insume un elevado tiempo de traslado sino que puede ser peligroso si se intenta conducir en carreteras muy transitadas. Otro problema es el transporte de gasoil en barriles, el mismo es lento y muchas veces el gasoil se ensucia, lo que trae retrasos adicionales por problemas en la inyección y perdidas de potencia.
Una solución a lo anterior es tener, necesariamente, un sistema par recargar combustible en el campo, esto junto a la incorporación de cojinetes y rodamientos sellados, que incrementan el intervalo de engrase de algunos equipos, reduce en forma sustancial el tiempo de mantenimiento en el campo.
En la Tabla 1 se puede ver las performance de distintos aperos de labranza.

Potencia necesaria para realizar la labor

En general, los trabajos que exigen más potencia del tractor son las labores primarias (arada, cicncelada, subsolada) y será, como lo vimos en el cuadernillo numero uno la que limite la potencia del mismo. En este caso, de necesidad de potencia máxima de tracción, hay que tener en cuenta que ésta depende de las características del tractor en correspondencia con las del suelo en que está trabajando el arado.

Las características del suelo influyen en los dos aspectos siguientes:

- Resistencia específica del terreno.

- Relación entre la fuerza horizontal que puede transmitir un neumático y la carga que soporta.

Tabla 2: Rendimiento a la barra en diferentes estados mecánicos del suelo.

Estado mecánico del suelo	Rendimiento a la barra de tiro (%)
FIRME	65
MEDIO	55
SUELTO	45

Esta capacidad de tracción depende del tipo de neumático y del estado en que se encuentra, y del tipo de suelo y de su estado de humedad, y está en relación directa con el denominado "rendimiento a la barra" $\mathbf{h_b}$ de un tractor (Tabla 2), que es el cociente entre la potencia de tiro que realiza dicho tractor divida por la potencia que desarrolla en ese momento su motor:

Determinación del Ancho Operativo de los equipos.

Los valores de Eficiencia de Campo han sido determinados para diversas tareas agrícolas con bastante exactitud, lo que permite calcular la Capacidad Teórica de Trabajo y consecuentemente, el Ancho Operativo que debe tener la herramienta.

$$A.O.(m) = \frac{CTT(ha/h)}{Vel.(km/h) \times 0.1}$$

Tiempo operativo

El tiempo operativo es la inversa de la capacidad de trabajo efectiva y se expresa de la siguiente manera:

$$Top(h/ha) = \frac{1}{C.T.E.}$$

El uso anual de la maquinaria agrícola

Podemos decir que el uso anual (U) es la cantidad de horas que se utiliza al año una determinada maquinaria agrícola. Es importante aclarar que el uso anual se refiere solamente a tiempo, por este motivo se utiliza la unidad (horas/año).
La producción anual es la cantidad producida durante el año y se refiere a superficie trabajada. El símbolo utilizado es (S) debido a que, casi siempre se refiere a superficie, en consecuencia la unidad para la producción anual es ha/año.
El uso anual y la producción anual están muy relacionadas, el uso anual es el producto entre la producción anual y el tiempo operativo:

$$U = S \times Top$$

Este es un parámetro muy importante para la empresa agropecuaria, por su característica de producción estacional, comparada con la empresa industrial donde la

producción es continua.

COSTO OPERATIVO DE LA MAQUINARIA AGRICOLA

Definición de Costo

Según Frank (1977) el costo es la suma expresada en moneda de las erogaciones producidas para atraer a los factores de la producción hacia la producción de un bien o a la prestación de un servicio.

El costo se puede representar como:

$$C = G + A + I$$

donde C es el costo, G los gastos, A la amortización e I los intereses.

Los gastos son las erogaciones que se producen por servicios o bienes que se consumen durante el acto productivo. La depreciación es la perdida de valor de un bien como consecuencia del uso, en contabilidad esta depreciación se compensa con la amortización.
Los vienes pueden tener varias clases de valores, el valor a nuevo VN es el precio de una maquina en su estado nuevo sin uso. El valor residual activo circunstanciado (VRACi) es el valor de la maquina usada pero cumpliendo funciones. El VRACi se puede expresar con el siguiente modelo:

$$VRACi = \frac{VN \times Dfp}{Dta}$$

donde: Dfp es la duración futura probable de la maquina y Dta es la duración total arbitraria de la misma.
En las tablas 3 y 4 se pueden ver valores de desgaste y obsolescencia de distintas maquinas agrícolas.
El costo se puede referir a la cantidad total o la unidad, en el primer caso se denomina costo total (CT) y en el segundo costo medio (CM), el costo total es el costo de toda la cantidad obtenida. El costo operativo de una maquina en función de su uso anual es el costo total de esa maquina expresado durante un año y se expresa en ($/año).

Tabla 3: Valores de desgaste y obsolescencia de las maquinas agrícolas

Máquina	Duración	
	Desgaste (h o Km)	Obsolescencia (años)
Motor diesel	15000 h	15
Motor nafta	10000 h	10
Motor eléctrico	30000 h	20
Tractor (rodado neumático)	12000 h	15
Tractor oruga	12000 h	15
Arado de rejas de arrastre	5000 h	15
Arado de rejas montado	5000 h	15
Arado de discos de arrastre	5000 h	15
Arado-rastra	5000 h	15
Subsolador de arrastre	5000 h	15
Subsolador montado	2500 h	15
Cincel (escarificador) de arrastre [2]	5000 h	15
Cincel (escarificador) montado [3]	5000 h	15
Cultivador de campo	3000 h	15
Vibrocultivador	3000 h	15
Cultivador sub-superficial (pie de pato)	3000 h	15
Fresadora de arrastre (rotovator)	5000 h	15
Fresadora de arrastre (rotovator)	5000 h	15
Rastra de discos de doble acción	5000 h	20
Rastra de discos excéntrica o pesada [4]	5000 h	20
Rastra de dientes	10000 h	20
Rastra rotativa (de eje horizontal)	3000 h	15
Rodillo (rolo) desterronador o acanalado	5000 h	20
Sembradora para granos finos	3000 h	15
Sembradora para granos gruesos	3000 h	15
Sembradora de precisión (neumática)	3000 h	15
Sembradora de siembra directa	3000 h	15
Plantadora de papas	2000 h	10
Plantadora forestal	2000 h	10
Escardillo o aporcador (carpidor)	4000 h	20
Fertilizadora centrífuga	5000 h	10
Fertilizadora pendular	5000 h	10
Pulverizadora de barra, de arrastre	3000 h	15
Pulverizadora de barra, automotriz	15000 h	15
Demalezadora de eje horizontal	3000 h	10
Demalezadora de eje vertical	4000 h	10
Cortadora-hileradora rotativa	4000 h	10
Rastrillo de descarga lateral	5000 h	15
Enfardadora convencional [5]	5000 h	15
Enfardadora arrolladora (enrrolladora) [5]	5000 h	10
Corta-picadora con acoplado independiente	4000 h	10
	4000 h	10
	4000 h	10

Tabla 4: Valores de desgaste y obsolescencia de las maquinas agrícolas

Máquina	Duración	
	Desgaste (h o Km)	Obsolescencia (años)
Embolsadora de forraje para toma de potencia [6]	10000 h	15
Embolsadora de forraje con motor [6]	15000 h	15
Cosechadora automotriz para granos finos [7]	15000 h	20
Cosechadora automotriz para arroz	15000 h	20
Cosechadora automotriz para maíz	15000 h	20
Cosechadora automotriz axial p. granos finos [7]	15000 h	20
Sacadora de papas de disco	3000 h	10
Recolectora automotriz de algodón	10000 h	15
Cosechadora integral de caña de azúcar	5000 h	10
Elevador de cangilones (`noria')	20000 h	20
Sinfin para granos (`chimango')	5000 h	15
Transportador neumático para granos	5000 h	15
Cinta transportadora de granos	20000 h	20
Secadora de granos fija [8]	20000 h	20
Limpiadora o zarandeadora (`chamiquera')	10000 h	20
Moledora de granos de discos	5000 h	15
Moledora de granos de martillos	5000 h	15
Hoyadora montada sobre tractor	5000 h	20
Motosierra portátil (motor 5 - 10 CV)	3000 h	10
Moledora-mezcladora de forraje	5000 h	15
Esquiladora	6000 h	15
Prensa hidráulica para lana [9]	15000 h	15
Ordeñadora [10]	20000 h	15
Bomba de émbolos (motobombeador)	15000 h	20
Bomba centrífuga de eje horizontal [11]	10000 h	15
Bomba centrífuga de eje vertical [11]	10000 h	15
Automóvil mediano (motor 1000-2000 cm^3)	10000 h	10
Automóvil grande (motor 2000-4000 cm^3)	200000 km	15
Pick-up motor diesel (hasta 1 t de carga) [12]	300000 km	15
Pick-up motor nafta (hasta 1 t de carga) [12]	400000 km	15
Camión con motor diesel (`chasis')	300000 km	15
Acoplado para camión	600000 km	15
Acoplado rural, vagón, carrito	1000000 km	20
Acoplado distribuidor de ración	10000 h	15
Acoplado tanque (de 1 ó 2 ejes)	5000 h	20
Cargador frontal montado sobre tractor	---	15
	2500 h	

El costo medio es el costo de cada unidad de la variable independiente, y se puede obtener dividiendo el costo total por la variable independiente. Por ejemplo: una maquina que su costo total fue de 10000$/año, y que trabajo 4000 horas ese año, tendrá un costo medio de 2,5 $/hora.

Otras unidades de costo total y costo medio pueden ser, en el caso de producir energía: el costo total sigue siendo en $/h y el costo medio puede ser en $/CVh. Tambien se puede expresar el costo medio en $/ha y $/CVh.
La formula para calcular los costos medios es:

$$CM = \frac{CT}{PT}$$

donde el CT es costo total y PT es la producción total.

Costos fijos y costos variables

El costo total de una maquina se puede expresar con la siguiente ecuación:

$$CT = CF + CV$$

donde CF es el costo fijo y CV es el costo variable medio.

El costo fijo (CF) es la parte del costo total que no se modifica con una variación de la variable independiente, mientras que, el costo variable (CV) es la parte del costo total que se modifica al cambiar la variable independiente.
La Figura 13 muestra la representación gráfica de la función de costo total de un maquina.

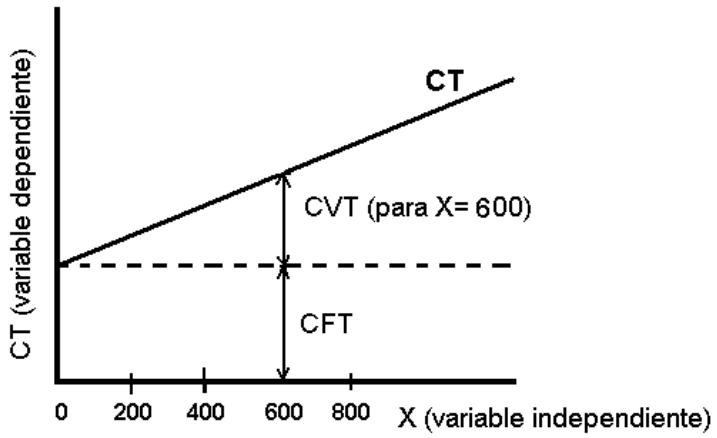


Figura 13: Costo total de una maquina

Como vemos en la figura 13 el costo total es una función lineal del tipo:

$$y = a + bx$$

donde X es la variable independiente (Ej. uso anual (h/año) e Y es la variable dependiente, es decir el costo total, a y b son dos componentes del costo. En la figura 13 se puede ver que el costo fijo es la parte del costo total que no cambia con la variable independiente, es decir es la ordenada al origen a. El costo variable es la parte del costo total que cambia con la variable independiente. El costo variable de cada unidad multiplicado por la cantidad de unidades X es el costo medio variable total.
Entonces:

$$CT = CFT + CVM\ x$$

El costo fijo total divido el uso anual U (variable independiente, la causa) es el CFM:

$$CFM = \frac{CFT}{U}$$

Si graficaramos el CM se va ver que es una curva decreciente, esto indica que al aumentar el uso anual los costos fijos se diluyen (Figura 14).

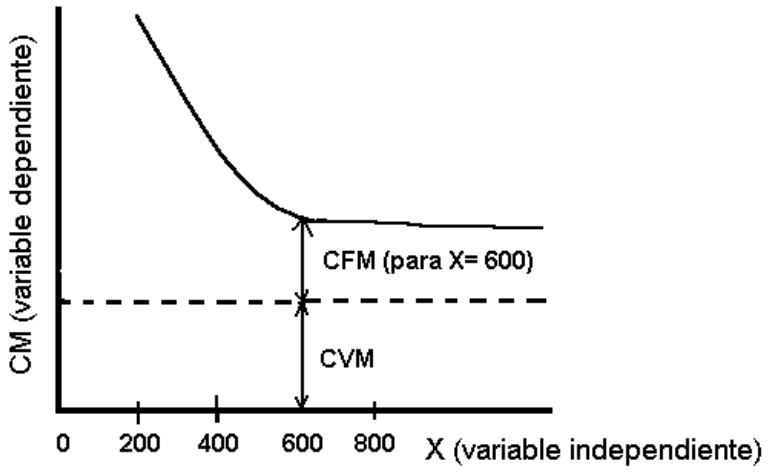


Figura 14: Costo medio de una maquina

Costo directo y costo indirecto

COSTO DIRECTO: Son todos los costos que originará la decisión bajo estudio.
COSTO INDIRECTO: Son todos los costos de la empresa que no son afectados por la decisión tomado, también son costos indirectos todos los costos pasados que no se pueden recuperar.
IMPORTANTE: Al comparar costos solo se compararan costos directos, pues los costos indirectos no modificaran el resultado final de la evaluación.

GASTOS EN LOS COSTOS OPERATIVOS DE LA MAQUINARIA

Costo operativo real

Como indicamos anteriormente el costo esta representado por el siguiente modelo matemático:

$$C = G + A + I$$

donde C es el costo, G los gastos, A la amortización e I los intereses.

Gastos en los costo de la maquinaria agrícola

a) Seguro

Incluye el seguro de responsabilidad civil y de incendio estimándose un costo anual del 0.2% del valor del tractor nuevo o de la máquina considerada.

b) Resguardo

Para que el tractor se conserve en buenas condiciones de funcionamiento precisa que se le proteja de la intemperie, en los períodos en que no se utiliza, en el interior de un edificio que puede ser un simple cobertizo, u otro capaz de proporcionar una protección muy superior, lo cual es imprescindible en las regiones más frías. El cálculo se puede realizar considerando el espacio que precisa para su almacenamiento (por ejemplo, a razón de 2 dolares/m^2 y año), o bien, considerando un 0. 1 % del valor de la máquina.
Tanto lo que se refiere a los costos de seguros como de garaje del tractor se puede considerar despreciables en comparación con lo que significan los costos de la inversión, o los gastos directos de combustible, mantenimiento y reparaciones.

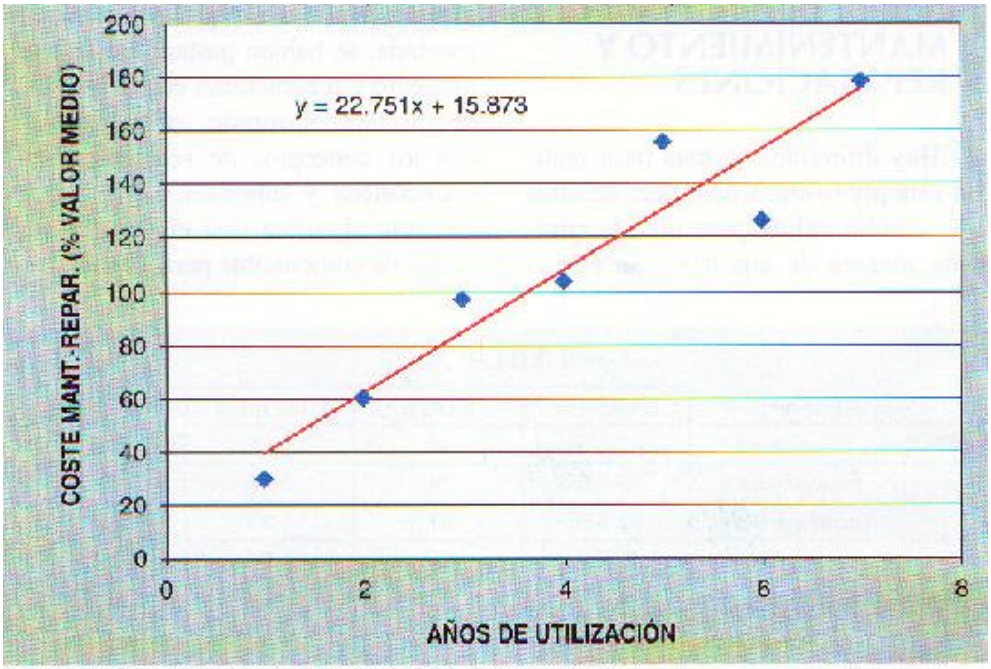
c) La mano de obra

En tractores y máquinas autopropulsadas habría que incrementar el costo horario con el correspondiente a la mano de obra (conductor) así como la del personal auxiliar que se considere necesario. Dada la diversidad de situaciones, conviene que el empresario considere su caso particular, aunque debe de tener en cuenta tanto el costo directo de la mano de obra como las cargas sociales derivadas de la misma.

d) Gastos de conservación y reparaciones

Hay diferentes formas para realizar esta previsión. Cualquiera de ellas sólo resulta válida para una determinada manera de amortización (horas de vida útil y años de antigüedad considerados) y en unas condiciones de uso determinadas.

Una sobrecarga permanente, o utilizar productos de baja calidad, puede hacer que los costos correspondientes a mantenimiento y reparaciones se incrementen de manera notable; para los tractores, el costo de mantenimiento y reparaciones se asigna por hora de funcionamiento; en las máquinas agrícolas que trabajan superficies resulta más, conveniente referirlas a la hectárea.
Esto indica que, a partir de la información disponible sobre un muestra encuestada, se habían gastado en mantenimiento y reparaciones casi 16 centavos de dólar/L de gas - oíl consumido, incluyendo todos los conceptos de mantenimiento (neumáticos y lubricación). Por otra parte, tomando como referencia los datos correspondientes a los CUMA franceses para tractores de 110 CV, con una utilización media entre 650 y 700 horas por año, se encuentra que el costo de mantenimiento y reparaciones, incluyendo lubricantes y neumáticos, varia en función de la antigüedad de estos tractores, pero con un valor medio para la muestra de tractores considerada de 2.25 dólar/h, equivalentes a unas 7.87 $/h. Representado gráficamente en términos de porcentaje respecto a este valor medio anteriormente indicado la variación de los costos de mantenimiento y reparaciones en función de la antigüedad de los tractores, se puede observar que el valor medio indicado corresponde a los 3 - 4 años, y que se incremento considerablemente cuando aumenta la antigüedad (Figura 15).



Fuente: Márquez Delgado L. (2002) Ed. B&H

Figura 15: Variación del costo de reparación y mantenimiento con la antigüedad del tractor.

Por otra parte, el cálculo de los gastos de mantenimiento y reparaciones en los tractores agrícolas puede relacionarse con la carga con la que trabajan, y, por lo tanto, con el consumo de combustible.

Un tractor de 110 CV de potencia de referencia, trabajando con una carga media a lo largo del año de 50%, debería de consumir unos 12 L/h, lo que para un costo horario de mantenimiento y reparaciones de 2.25 dólares/h, daría un costo de 0. 187 dólares/litro (unos 65 centavos/litro). Hay que tener en cuenta que a partir del séptimo u octavo año de vida útil, el tractor aumentará los gastos de mantenimiento y reparaciones, por lo que las cifras medias indicadas anteriormente serían bajas para un usuario normal, teniendo en cuenta que la edad media de los tractores en Argentina supera los 12 años, a no ser que una parte de estos costos no se contabilizan en nuestro caso porque los hace, directamente con su mano de obra el propietario, o se realizan de manera conjunta con otras máquinas agrícolas en un taller local. En consecuencia, como primera aproximación, se propone establecer para el costo de mantenimiento y reparaciones en función del consumo medio de combustible, incluyendo en esta partida los lubricantes y de más material que se precisa para el mantenimiento, una cifra algo, mas elevada, como podría ser 0.24 dólares a 0.27 dólares/L, según se trate de tractores de simple o de doble tracción. Multiplicando este valor por el consumo de combustible expresado en litros se obtendría, el costo de mantenimiento y reparaciones asignado por cada hora de funcionamiento del tractor. Esto significa que en un tractor de doble tracción, con un consumo medio anual de 11.3 L/h, tendría que considerarse un costo, a efectos de mantenimiento y reparaciones, de 3.04 dólares/h (10.64 $/h).

Algo mas simple es calcular el Coeficiente de gastos de conservación y reparaciones CGCR este es igual a :

$$CGCR = \frac{GCR\ (\$ / h)}{VN\ (\$)}$$

Se estima que para nuestra situación de producción el coeficiente de gasto de conservación y reparaciones es de 0,00007. Este coeficiente multiplicado por el valor a nuevo del tractor nos da el GCR en $/h.
En las tablas 5, 6 y 7 se pueden ver valores de CGCR para distintos tipos de maquinaria.

Tabla 5: Valores de CGCR (1/h) para maquinas y motores agrícolas

Máquina	CGCR (1/h)
Motor diesel	0.00008
Motor nafta	0.00020
Tractor (rodado neumático)	0.00007
Motor Eléctrico	(1)
Tractor oruga	0.00009

(1) Los GCR del motor eléctrico son ínfimos (salvo accidentes).

Tabla 6: Valores de CGCR (1/h) para maquinas y motores agrícolas

Arado de rejas de arrastre	0.00020
Arado de rejas montado	0.00025
Arado de discos de arrastre	0.00015
Arado-rastra	0.00045
Subsolador de arrastre	0.00015
Subsolador montado	0.00060
Cincel (escarificador) de arrastre [2]	0.00015
Cincel (escarificador) montado [3]	0.00020
Cultivador de campo	0.00012
Vibrocultivador	0.00025
Cultivador sub-superficial (pie de pato)	0.00025
Fresadora de arrastre (rotovator)	0.00030
Fresadora de arrastre (rotovator)	0.00020
Rastra de discos de doble acción	0.00010
Rastra de discos excéntrica o pesada [4]	0.00030
Rastra de dientes	0.00010
Rastra rotativa (de eje horizontal)	0.00015
Rodillo (rolo) desterronador o acanalado	0.00007
Sembradora para granos finos	0.00010
Sembradora para granos gruesos	0.00010
Sembradora de precisión (neumática)	0.00010
Sembradora de siembra directa	0.00005
Plantadora de papas	0.00050
Plantadora forestal	0.00020
Escardillo o aporcador (carpidor)	0.00020
Fertilizadora centrífuga	0.00018
Fertilizadora pendular	0.00010
Pulverizadora de barra, de arrastre	0.00020
Pulverizadora de barra, automotriz	0.00010
Demalezadora de eje horizontal	0.00030
Demalezadora de eje vertical	0.00025
Cortadora-hileradora rotativa	0.00020
Rastrillo de descarga lateral	0.00025
Enfardadora convencional [5]	0.00020
Enfardadora arrolladora (enrrolladora) [5]	0.00015
Corta-picadora con acoplado independiente	0.00040
Corta-picadora integral de arrastre	0.00020
Embolsadora de forraje para toma de potencia [6]	0.00006
Embolsadora de forraje con motor [6]	0.00010
Cosechadora automotriz para granos finos [7]	0.00010
Cosechadora automotriz para arroz	0.00015
Cosechadora automotriz para maíz	0.00015
Cosechadora automotriz axial p. granos finos [7]	0.00007
Sacadora de papas de disco	0.00020
Recolectora automotriz de algodón	0.00010
Cosechadora integral de caña de azúcar	0.00009

[2] En suelos con piso de arado el CGCR es 0,00035. [3] En suelos con piso de arado el CGCR es 0,00055. [4] En suelos arenosos y con piedras el CGCR es 0,00040. [5] El CGCR no incluye alambre o hilo para atar fardos o rollos. [6] El CGCR no incluye las bolsas de plástico. [7] Incluido soja y girasol.

Tabla 7: Valores de CGCR (1/h) para maquinas y motores agrícolas

Elevador de cangilones (`noria')	0.00005
Sinfin para granos (`chimango')	0.00010
Transportador neumático para granos	0.00015
Cinta transportadora de granos	0.00006
Secadora de granos fija [8]	0.00001
Limpiadora o zarandeadora (`chamiquera')	0.00010
Moledora de granos de discos	0.00010
Moledora de granos de martillos	0.00020
Hoyadora montada sobre tractor	0.00040
Motosierra portátil (motor 5 - 10 CV)	0.00200
Moledora-mezcladora de forraje	0.00025
Esquiladora	0.00045
Prensa hidráulica para lana [9]	0.00001
Ordeñadora [10]	0.00015
Bomba de émbolos (motobombeador)	0.00040
Bomba centrífuga de eje horizontal [11]	0.00010
Bomba centrífuga de eje vertical [11]	0.00007
Automóvil mediano (motor 1000-2000 cm^3)	0.000005 1/km
Automóvil grande (motor 2000-4000 cm^3)	0.000005 1/km
Pick-up motor diesel (hasta 1 t de carga) [12]	0.000007 1/km
Pick-up motor nafta (hasta 1 t de carga) [12]	0.000008 1/km
Camión con motor diesel (`chasis')	0.000004 1/km
Acoplado para camión	0.000004
Acoplado rural, vagón, carrito	0.00040
Acoplado distribuidor de ración	0.00015
Acoplado tanque (de 1 ó 2 ejes)	0.015
Cargador frontal montado sobre tractor	0.00020

[8] No incluye el combustible para el secado.
[9] No incluye arpillera, hilo ni alambre.
[10] No incluye productos de limpieza ni bombeo de agua de limpieza.
[11] En aguas con alto contenido de arena, incrementar el CGCR hasta 0,00060 y rebajar la duración hasta 2.000 h; en instalaciones para riego la duración sólo es de 5000 h.
[12] En servicio severo el CGCR es 0,000013 1/km.

El CGCR se utiliza también para la mejoras del establecimiento (Tablas 8, 9 y 10).

Tabla 8: Coeficientes de GCR y duración de mejoras.

Mejora	CGCR 1/año	Duración (años)
Alambrados y corrales		
de postes de quebracho	0,02	50
de postes de acacio o madera similar	0,03	40
de postes de madera blanda (impregnados)	0,03	30
Alambrado chanchero		30
Electrificador para alambrado		10
Batería para alambrado eléctrico	[1]	3

Tabla 9: Coeficientes de GCR y reparaciones y duración de mejoras.

MEJORAS		
	CGCR 1/año	Duración (años)
Aguadas		
Molinos, malacates, norias	0,015	30
Tanques australianos de material	[2]	50
Tanques australianos de chapa (según calidad agua)	[2]	20-50
Bebederos de material	[2]	30
Bebederos de chapa o madera (según calidad agua)	[2]	20-30
Bombas	[3]	20
Construcciones		
Casas de material	0,01	50
Casas de madera		30
Casas de adobe		20
Galpones, tinglados (de chapa) para depósito	[2]	40
Galpones (de chapa) para aves	0,01	20
Jaulas para ponedoras	0,01	15
Colmenas (excluido núcleo)	0,01	12
Silos de material o placa de cemento	[2]	50
Silos de chapa	[2]	30
Instalaciones para hacienda (bretes, bañaderos, etc.)	0,03	40
Comederos para hacienda		20
Tanques subterráneos para combustible	[2]	40
Invernáculos (estruct. hierro) con cobertura plástica [4]	0,10	15
Invernáculos (estruct. madera) con cobertura plástica [5]	0,20	7
Líneas telefónicas (postes de palma)	0,03	20
Líneas eléctricas (postes de eucalipto impregnado)	0,02	30
Alcantarillas y puentes de material	[2]	50

[1] Unicamente carga y reposición agua destilada si corresponde.
[2] Los GCR de esta mejora son ínfimos (salvo accidentes).
[3] Ver cuadro de máquinas.
[4] El CGCR incluye la renovación trienal de la cobertura de plástico.
[5] Madera de eucalipto sin impregnar; impregnada: CGCR 0,10 y duración 10 años. El CGCR incluye la renovación bienal de la cobertura de plástico.
[6] Frutillas en invernáculo se cultivan como plantas anuales.

Tabla 10: Coeficientes de GCR y reparaciones y duración de mejoras.

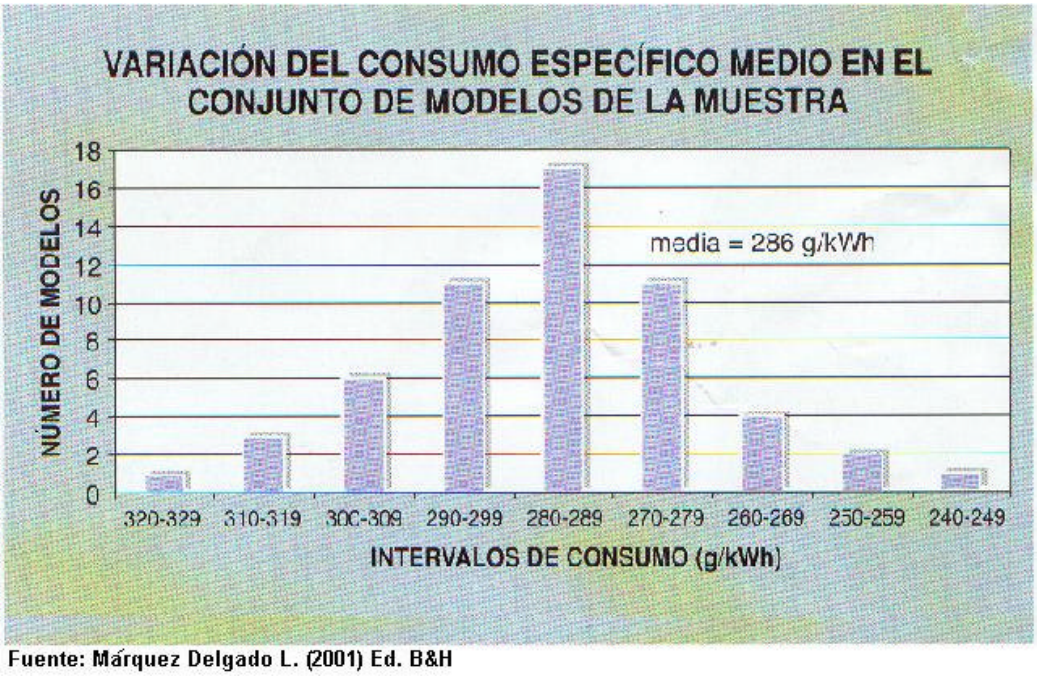
	Implantación.	Duración (años)
Plantaciones permanentes		
Alfalfares, praderas permanentes	1	5
Cañaverales de azúcar (Tucumán y Santa Fe)	1	5
Cañaverales de azúcar (Salta y Jujuy)	1	7
Yerbales	4	30
Tungales	5	25
Formiales	4	15
Lupulares	1	15
Teales	4	?
Olivares	10	50
Viñedos	3-4	30
Cerezos, guindos, ciruelos, damascos y durazneros	4-5	20
Cítricos	6-10	40
Perales y manzanos	7-8	35
Membrilleros	8	35
Castaños	10-12	30-40
Nogales	15	50
Bananero	1	10
Frambuesa	1	10
Frutillas [6] (a campo, región pampeana)	1	2
Frutillas [6] (a campo, región austral)	1	3
Alcaucil	2	4
Espárragos	2	10
Menta	1	2-3
Lavanda	2	6
Piretro	2	5
Ramio	1	15-20
Mimbre	1	6-8

[1] Unicamente carga y reposición agua destilada si corresponde.
[2] Los GCR de esta mejora son ínfimos (salvo accidentes).
[3] Ver cuadro de máquinas.
[4] El CGCR incluye la renovación trienal de la cobertura de plástico.
[5] Madera de eucalipto sin impregnar; impregnada: CGCR 0,10 y duración 10 años. El CGCR incluye la renovación bienal de la cobertura de plástico.
[6] Frutillas en invernáculo se cultivan como plantas anuales.
Los datos consignados sólo son orientativos, ya que estos valores pueden variar sensiblemente en cada caso particular.

Gastos en combustible

Analizando la evolución del consumo de combustible a partir de los ensayos oficiales de tractores agrícolas realizados en Europa USA y Argentina, se observa que se ha producido una reducción del consumo específico notable, pasando de un valor medio de 214 g/CVh en 1964 a 206 g/CVh en 1999 (290 y 270 g/kWh respectivamente). Estos valores se refieren al ensayo realizado a potencia máxima en la toma posterior de

potencia, aplicando, en nuestro país, la normativa de homologación IRAM 8005. En la norma se analiza la variación del consumo específico de combustible en distintos puntos de funcionamiento de los motores, a partir de la muestra formada por los tractores ensayados por la OCDE durante los años 1998 y 1999, y se pone de manifiesto la variación que se produce en función del régimen del motor y de su nivel de carga, así como las diferencias que aparecen entre los motores de aspiración natural y turboalimentados. Tomando como referencia el consumo específico medio se observa que éste varía entre 240 y 320 g/kWh (176 y 235 g/CVh) con un valor medio de 268 g/kWh (197 g/CVh) (Figura 16).



Fuente: Márquez Delgado L. (2001) Ed. B&H

Figura 16: Consumos medio de los tractores de la muestra.

Utilizando la información de Botta (1997) en un trabajo sobre ''El parque nacional de tractores agrícolas" se encuentra que, sobre la base de un tractor medio de 120 CV (88 kW), que se utiliza 500 horas al año en promedio, el costo del combustible por tractor era de 2400 dólares/año. Considerando el precio medio de 30 centavos de dólar/litro pagado por el gas - oíl, esto indica que el tractor medio consume 8000 L/año, lo que equivale a 16 L/h de consumo medio. Si se refiere este consumo a la potencia media de referencia, los consumos específicos medios serán de 0.130 L/CVh, equivalentes a 0.188 L/CVh . Esto puede servir de referen cia para realizar una previsión sobre el consumo en función de la potencia del tractor considerado y de su grado de utilización a lo largo del año. Así, desde un punto de vista teórico, teniendo en cuenta la potencia del motor utilizada se podría calcular el consumo de las diferentes operaciones agrícolas, aunque sólo fuera en una primera aproximación, multiplicando la potencia realmente utilizada por el consumo específico medio. 0 sea, por ejemplo, utilizando 50 CV (36.8 kW), el consumo horario debería de ser de 50 x l97 (g/CVh) = 9.8 kg/h, lo que

aproximadamente serían 11.6 L/h. Sin embargo, considerando que el consumo aumenta a medida que el motor utiliza en menor grado la potencia máxima disponible, se puede recomendar la siguiente regla práctica, teniendo en cuenta el nivel de carga medio a lo largo del año (entre el 12.5 y el 85%) (Tabla 11).

Tabla 11: Valores de Consumo horario entre 12 y 85% de carga del motor.

Carga en el motor (%)		Factor L/h.kW	Factor L/h.CV
Baja	12.5	0.077	0.005
	25.0	0.100	0.074
Media	40.0	0.129	0.095
	50.0	0.150	0.110
Alta	75.0	0.207	0.152
	85.0	0.236	0.174

Esto significa que un motor de 75 kW de potencia de referencia (unos 100 CV) trabajando con una carga media anual del 50% consumiría 75 X 0.150 = 11.3 litros por cada hora trabajada a lo largo del año; si lo hiciera con carga alta (75%) este consumo sería de 15.5 L/h. Con esta recomendación se tendría que los 0. 130 L/CVh (0. 188 L/kWh) obtenidos como media en la encuesta, indicarían que la carga media en los tractores estaría próxima al 50%, lo cual puede considerarse como un valor lógico. Hay que indicar que la potencia suministrada por el motor no toda se convierte en potencia útil (potencia de tracción), sino que una parte de ésta se pierde en la transmisión o por el efecto combinado de la rodadura y el patinamiento del tractor. Realmente, de la parte de la potencia del motor utilizada (el 50 % el 75% en el ejemplo anterior) sólo el 75%, o algo menos, se convierte en potencia de tracción, pero esto afectaría a la selección del tamaño de la máquina accionada y no a los costos de funcionamiento del tractor considerado.

En las tablas siguientes se pueden ver datos de consumo de combustibles resultados de ensayos de motores y tractores según la norma IRAM 8005. En las tablas 12y 13 se pueden ver resultados de estos ensayos para un importante numero de tractores.

Tabla 12: Potencia y consumo de combustible de tractores

Marca	Modelo	Tipo	Potencia máxima			Cons. medio con carga del	
			Pot. (CV)	Rég. (v/min)	Cons. (l/h)	43 %	85 %
						($l/CV_{máx}$. h)	
Deutz	A-180	De ruedas	171	2004	38,5	0,12	0,20
Fahr	D-181-F	De ruedas	167	2000	37,7	0,12	0,19
M. Ferguson	MF 235	Agrícola	35	2250	8,1	0,15	0,21
Fiat	600 E	Doble tracción	63	2400	15,2	0,14	0,23
Fiat	400 E	Doble tracción	48	2215	10,8	0,14	0,21
John Deere	3330	Cult.hileras	74	2500	18,8	0,15	0,24
Fiat	880 S	Standard	90	2195	19,4	0,13	0,19
Deutz	AX 100	De ruedas	92	2150	18,5	0,11	0,18
Deutz	AX 120	De ruedas	116	2300	25,1	0,12	0,20
Deutz	AX 80	De ruedas	72	2150	15,2	0,12	0,20
Fiat	1580	DT	155	2380	33,4	0,12	0,20
Ford	EA 214	Agrícola	72	2375	18,1	0,16	0,24
Ford	DA 214	Agrícola	54	2203	13,5	0,16	0,25
Deutz	DX 160	Tr. 4 ruedas	158	2202	34,5	0,12	0,19
Fiat	780	DT	75	2504	15,9	0,12	0,19
Fiat	640	DT	65	2405	14,1	0,13	0,21
Fiat	540	DT	51	2600	11,2	0,15	0,24
Fiat	980	DT	98	2700	23,9	0,13	0,20
Fiat	1180	DT	112	2500	29,9	0,12	0,19
John Deere	940	Utilitario	38	2399	9,0	0,16	0,22
John Deere	2040	Utilitario	61	2498	13,8	0,15	0,22
John Deere	4040	Cult.hileras	92	2200	23,3	0,16	0,24
John Deere	4730	Cult.hileras	119	2200	32,0	0,16	0,23
John Deere	2140	Utilitario	73	2500	17,8	0,16	0,22
John Deere	4930	Cult.hileras	143	2200	33,2	0,15	0,22
Deutz	D 5207	Tr. 2 ruedas	53	2300	11,0	0,11	0,17
Fiat	480-8	Standard	45	2600	10,8	0,14	0,21
Fiat	L 245	DTP	23	2800	5,4	0,13	0,21
Fiat	L 295	DTP	27	2000	6,9	0,14	0,23
Fiat	540	Standard	51	2600	11,2	0,15	0,24
Fiat	640	Standard	65	2405	14,1	0,13	0,21
Fiat	780	Standard	75	2504	15,9	0,12	0,19
Fiat	880 S	DT	90	2195	19,4	0,13	0,19
Fiat	980	Standard	98	2700	23,9	0,13	0,20
Fiat	1180	Standard	112	2500	29,9	0,12	0,19
Fiat	1580	Standard	155	2380	33,4	0,12	0,20
John Deere	3140	Cult.hileras	83	2500	20,1	0,16	0,23

Tabla 13: Potencia y consumo de combustible de tractores

Marca	Modelo	Tipo	Potencia máxima			Cons. medio con carga del	
			Pot. (CV)	Régimen (v/min)	Consumo (l/h)	43 % ($l/CV_{máx}$. h)	85 %
Same	Vigneron 60	Viñatero DT	55	2201	11,1	0,12	0,18
Same	Corsario 70	Synchro	62	2201	14,2	0,13	0,19
Same	Falcon ST	Standard	49	2200	10,3	0,11	0,19
Same	Falcon DT	DT	49	2200	10,3	0,11	0,19
Fiat	446	Standard	52	2600	13,3	0,16	0,23
Fiat	880-5	DT	84	2400	19,4	0,14	0,22
Fiat	1380	DT	132	2401	29,7	0,14	0,23
Deutz	AX 160 S	Standard	159	2298	33,4	0,11	0,18
Fiat	1380	Standard	132	2401	29,7	0,14	0,23
Fiat	880-5	Standard	84	2400	19,4	0,14	0,22
Labrar	Pampero44	Articulado	162	2400	31,1	0,10	0,17
Deutz	D-7807-A	DT	74	2301	15,8	0,12	0,18
Fiat	666	DT	68	2503	16,9	0,13	0,21
Fiat	666	Standard	68	2503	16,9	0,13	0,21
Deutz	D-6007	2WD	53	2299	12,4	0,14	0,22
M. Ferguson	MF 1195-S	Agrícola	104	2250	24,9	0,14	0,22
M. Ferguson	MF-1215-S	Agrícola	115	2434	29,1	0,14	0,21
Deutz	D-6007 V	Viñatero	53	2299	12,4	0,14	0,22
Fiat	70-66	DT	68	2504	16,3	0,14	0,21
Zanello	V210	2WD	94	2406	20,8	0,13	0,19
Zanello	V206	2WD	57	2401	14,2	0,13	0,20
Fiat	55-46	Standard	52	2496	11,9	0,14	0,21
Deutz	AX 4.120	2WD	116	2301	22,5	0,11	0,17
Deutz	AX 4.60	Standard	55	2296	11,7	0,12	0,19
John Deere	2850	Utilitario	83	2301	17,6	0,14	0,19
John Deere	3350		96	2301	21,5	0,14	0,21
John Deere	3550		111	2401	24,1	0,15	0,21
Deutz Fahr	AX 4.100	Standard	96	2300	20,5	0,11	0,18
Deutz Fahr	AX 4.120 A	D.T.	116	2301	22,5	0,11	0,17
Deutz Fahr	AX 4.140	D.T.	136	2248	26,3	0,10	0,17
M. Ferguson	1360 S4	Agrícola	153	2403	30,8	0,09	0,20
M. Ferguson	1360 S2	Agrícola	153	2403	30,8	0,09	0,20
M. Ferguson	1340 S2	Agrícola	133	2396	29,5	0,14	0,21
M. Ferguson	1340 S4	Agrícola	133	2396	29,5	0,14	0,21

Pot.: potencia máxima en la toma de potencia (ensayo de 2 h).
Rég.: régimen del motor en el ensayo de potencia máxima.
Cons.: consumo de combustible a la potencia máxima.
Consumo medio: consumo referido a la potencia máxima del motor en l/CV.h, para las cargas especificadas (es el coeficiente usado habitualmente en los cálculos de costos).
Fuente: elaboración propia a partir de los Boletines de Ensayos del IIR.

Una forma sencilla de calcular el consumo de combustible de un motor diesel agrícola es tratar de aceptar que el consumo de los mismos esta entre 0.14 y 0.2 litros/hora/CV de potencia. Sabiendo el precio del combustible y la potencia máxima del motor se obtiene el gasto horario de dicho motor.

Como ahorrar combustible

Los resultados, obviamente dependen de la estructura de cada productor o contratista y el valor final de la labor será ajustado a la oferta y demanda en una determinada zona.
De todos modos, el gasoil sigue siendo el principal costo de operación de la maquinaria, con la particularidad de la situación actual donde primero se paga y luego se carga en el carro, es decir que el financiamiento ha desaparecido o se maneja con cuenta gotas.
En este contexto es prudente recordar algunas pautas que permiten optimizar el uso del combustible por parte de los productores en general ya sea que trabajen con maquinaria propia o contratada.

Labranzas

Se debe tener presente que los trabajos de labranza son los que mayor demanda energética solicitan al tractor, y en consecuencia son los que mayor gasto en combustible generan. De este modo, el tipo de labranza realizado y el número de labores determinarán la ecuación final sobre el gasto de combustible.
No siempre reducir labores es beneficioso desde el punto de vista técnico, sino que la combinación de labores con estrategias de fertilización y control de malezas, plagas y enfermedades determinan opciones más rentables.
La calidad de las labores previas muchas veces incide sobre el costo de las siguientes. Un ejemplo lo da el hecho de generar compactación por trabajar en condiciones de excesiva humedad que generarán un costo adicional en laboreo de descompactación en un futuro.
Armonice correctamente los conjuntos, es decir evite utilizar tractores muy justos en potencia para realizar labores que demanden altos esfuerzos de tracción permanentemente.
Aquí es necesario remarcar que el estado de la maquinaria de labranza y el correcto enganche de la misma, determinan el requerimiento de potencia demandada al tractor y consecuentemente inciden sobre el consumo de combustible.

Cambio alto y bajo régimen

Cuando se trabaja en operaciones en que se le demanda al tractor menos del 65 % de la potencia disponible a la barra de tiro, es una práctica aconsejable trabajar en un cambio alto y a bajo régimen siempre y cuando el motor no trabaje sobrecargado (la sobrecarga se refiere a la solicitud de un elevado torque a bajas vueltas para lo cual no ha sido diseñado el motor).

Un síntoma de sobrecarga será el humeado del motor, aún trabajando a bajas vueltas y otro seguramente complementario al anterior será el aumento de la temperatura de trabajo del motor.
Si bien el trabajo óptimo del motor del tractor se realiza cerca del régimen de potencia máxima, existen labores que no demandan toda la potencia como por ejemplo labranza secundaria, siembra fina o gruesa, rastrillado u otras labores que se realizan con implementos que pueden haber quedado chicos al haberse cambiado el tractor de un establecimiento.
Las labores con un cambio alto y a bajo régimen permiten sustanciales ahorros de combustible.
Para determinar si el cambio es el correcto, es decir que no se está exigiendo sobremanera al motor, se deberá realizar una prueba de reacción del motor, la cual consiste en acelerar y esperar una rápida reacción del motor.
Si el motor no responde rápidamente a la solicitud de aceleración se deberá bajar un cambio y repetir el procedimiento hasta que se encuentre la marcha correcta o trabajar a mayor régimen que el previsto.
Datos del INTA (PROTRAC) muestran que se puede ahorrar hasta un 40 % de combustible mediante esta sencilla técnica.

Mantenimiento del tractor

Un adecuado mantenimiento del tractor permite optimizar la potencia del mismo. Datos del programa PROTRAC del INTA, que en dos oportunidades se presentó en Balcarce, han demostrado que se puede lograr mejorar más de un 15 % la potencia máxima entregada por el motor de un tractor luego de realizarle un correcto mantenimiento (cambio de filtros primario y secundario de combustible, limpieza de filtro de aire y registro de válvulas). Esto indica que con el mismo combustible se puede lograr obtener mayor potencia y por ende, generar ahorro.

Neumáticos

El uso de neumáticos seleccionados correctamente y la utilización de la presión adecuada también repercuten sobre el ahorro de combustible.
En dos tractores iguales pero uno con neumáticos nuevos y el otro con neumáticos ya asentados, seguramente habrá distinto consumo de combustible. Lo usual sería que aquel tractor que esté calzado con neumáticos nuevos consuma menos, pero si los neumáticos son de taco alto, a menos que se esté trabajando en el barro generarán un gasto mayor de combustible, ya que la flexión del taco genera pérdidas de potencia.
Si las condiciones de suelo son firmes, es un error usar duales en los tractores, ya que no será necesaria la flotación y se genera un gasto de combustible extra.
Como concepto general deberá manejarse que la presión de inflado deberá ser la mínima admitida por el fabricante del rodado para mantener el peso dinámico del tractor (dinámico se refiere a tener el implemento enganchado, lo cual genera transferencia de peso y aumenta el peso o carga sobre los neumáticos que traccionan).
Una sobre presión genera patinamiento, disminuye la tracción, genera desgaste de tacos y deteriora el neumático aceleradamente. Un neumático desinflado genera un

excesivo esfuerzo en los flancos y debilita la estructura llegando a agrietar la estructura en el mediano plazo.

Lastrado

Es común en un establecimiento propio, tener un tractor que permita hacer tanto las operaciones de labranza como las de cultivo en general. Rara vez se sacan los lastres del tractor y en general ocurre que se utiliza el tractor pesado todo el tiempo cuando el requerimiento del lastrado total no supera el 15 ó 20 % de su uso anual.
Un tractor que trabaja unas 2000 horas al año se usa lastrado para su máxima exigencia todo el tiempo, es decir que 1600 horas seguramente andará "pesado" sobre los lotes.
Hay que convenir aquí que en general los fabricantes no facilitan la tarea del manejo de los contrapesos ya que su forma y peso individual dificultan la tarea de intercambio, pero lo que es indiscutible es que llevar peso ocioso genera no sólo aumento de consumo sino una sobrecarga de la transmisión y una solicitud adicional al sistema de lubricación de la misma. Adicionalmente genera desgaste de los neumáticos generalmente por fatiga.
Un tractor liviano por el contrario quema gasoil inútilmente ya que aumentará el patinamiento y generará desgaste de neumáticos por rozamiento excesivo.

Tipo de combustible

En anteriores oportunidades en Visión Rural se trató el tema de los combustibles adecuados. Ante la dificultad de conseguir gasoil y hostigado por el incesante aumento del precio, es muy común tentarse a hacer negocios que pueden generar más pérdidas que ganancias. El gasoil que se comercializa en verano comúnmente es menos fluido que el que se utiliza en esta época del año. Deberá usarse en invierno un gasoil de menor peso específico para que corra mejor en condiciones de muy bajas temperaturas. El contenido de parafinas del gasoil utilizado en época invernal deberá ser menor ya que al cristalizar tapona los filtros dejando parado el equipo.
Este año ante la incertidumbre generada por la ecuación precio/disponibilidad hizo que muchos acopiaran gasoil en febrero y marzo que ahora les dificulta el uso del tractor en invierno.
Nunca se debe acopiar combustible a la salida del verano para usar en invierno porque se corre el riesgo de no poder utilizarlo con bajas temperaturas.
Si bien existen alternativas para mejorar la fluidez del gasoil en invierno, aquellas que no estén contempladas por el fabricante del motor deberán estar supervisadas por gente idónea para no correr riesgos innecesarios de roturas.
Un combustible más pesado deberá sospecharse de alto contenido de azufre y generará alto residuo carbonoso, con lo cual deberá aumentarse la frecuencia de recambio del aceite de cárter elevando el costo de operación del tractor.

Manual del tractor

Por último, la vieja recomendación de leer periódicamente el manual del tractor

deparará sorpresas a más de un tractorista sobre técnicas que permiten ahorrar combustible y prolongar la vida útil del tractor. Asimismo contribuirá a desmitificar conceptos que habitualmente se manejan a campo y muchas veces no tienen asidero técnico y han sido superados por los avances tecnológicos.
Seguramente los consejos mencionados permitirán reflexionar sobre la utilización del tractor en el establecimiento. La adopción de las medidas señaladas precedentemente ayudarán a reducir el consumo de combustible y con ello el impacto del uso del tractor en el resultado operativo de la explotación.

Cargas sociales

Se reconoce con este nombre a los aportes que debe realizar el empleador, no comprenden casa ni comida.
Las cargas sociales son las siguientes:

1. Jubilaciones.
2. Salario familiar.
3. Asistencia medica.
4. Seguro de vida obligatorio.
5. Seguro contra accidentes.
6. Fondo nacional de la vivienda.
7. Indemnización por despido.
8. Cargas sociales provinciales.
9. Retribuciones adicionales.

AMORTIZACIONES

Amortización

Entre las diferentes formas en que se puede abordar el análisis de los costos correspondientes a las amortizaciones de las máquinas se ha elegido un procedimiento combinado en el que se consideran simultáneamente la obsolescencia y el desgaste de las máquinas, ya que en las condiciones de una agricultura desarrollada, en la que las máquinas pueden durar bastantes años, se ajusta mejor a las depreciaciones reales que sufren las máquinas, según los precios habituales en el mercado de productos usados. Para demostrar de forma práctica el procedimiento de utilización de este sistema de amortización combinada, a continuación se incluye un ejemplo para el caso de un tractor de doble tracción con 100 CV de potencia de referencia.

Para los tractores se recomienda realizar la amortización combinada sobre la base de 12000 h de vida útil y 20 años de duración máxima probable

Con un precio de adquisición de U$S 40000 la amortización por hora trabajada será:

$$\frac{40000}{12000} + \frac{40000}{20 \times h}$$

h = numero de horas de uso anual

Este artificio de cálculo se basa en suponer que el tractor cuesta el doble, de manera que el valor real se divide entre el número máximo de horas que consideramos que podría durar (con el mantenimiento y reparaciones normales) y también el número de años máximo que se podría seguir utilizando. Así, por cada año transcurrido se pasa una cantidad al fondo de amortización y por cada hora de funcionamiento se hace algo similar. Cuando en el fondo de amortización se, ha acumulado una cantidad que permite renovar el tractor utilizado, la amortización se considera finalizada. Lógicamente esto se producirá antes de los 20 años y con un número de horas de utilización del tractor inferior a las 12 000, que fueron las hipótesis límite de referencia. Así, considerando la utilización de 500 h/año, el costo horario correspondiente a la amortización será:

$$\frac{40000}{12000} + \frac{40000}{20 \times h} = 3.3 + 4 = 7.7 \ U\$ / hora$$

La vida útil de la máquina sobre esta hipótesis de uso de 500 h/año será:

$$\frac{40000}{7.7} = 5194 \ \ horas$$

con una vida útil de:

$$\frac{40000}{7.7 \times 500} = 10.3 \ años$$

Origen de la amortización

La duración de una maquina se da en función del desgaste y de la obsolescencia de la misma, esto hace variar la naturaleza de la amortización. Al calcular los costos en función del uso de la maquina, si el uso anual es reducido, la amortización es un costo fijo, pero si el uso es alto, la amortización es un costo variable.
Para aclarar lo anterior: si se considera la amortización causada solamente por el desgaste de la maquinaria, se entiende que la cuota de amortización es un costo variable (en función del uso anual), ya que será directamente proporcional al uso anual. Sí la tomamos como una resultante de la obsolescencia, en función del uso anual, resulta un costo fijo, porque es independiente de esta.

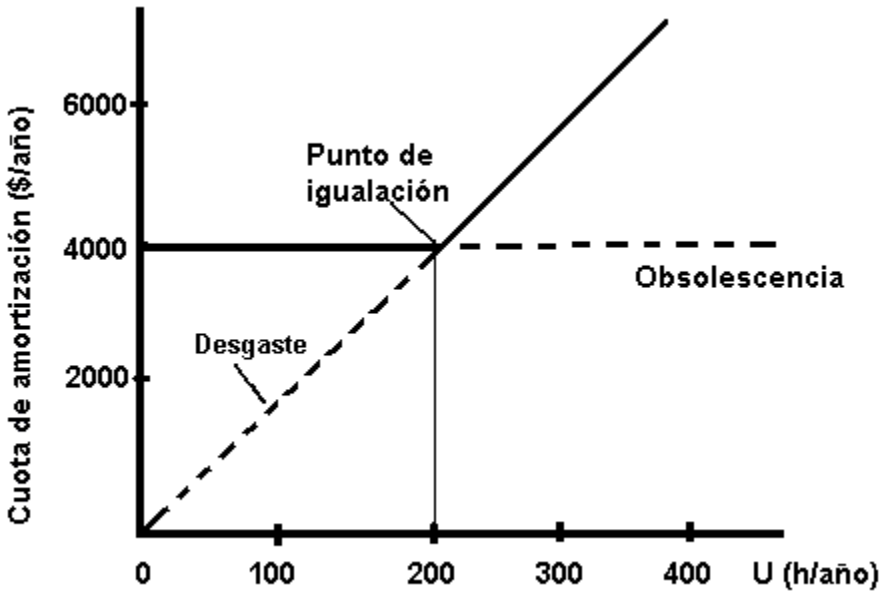


Figura 17: Cuota de amortización en función del uso anual

En la figura 17 se gráfico lo expresado anteriormente, cuando el uso anual es reducido, en este caso inferior a las 200 horas anuales la amortización es un costo fijo, cuando lo sobrepasa es un costo variable.

Calculo del punto de igualación

$$Punto\ de\ igualación\ (h/año) = \frac{Duración\ por\ desgaste\ (h)}{Duración\ por\ obsolescencia\ (años)}$$

Este punto significa que a medida que aumenta el uso anual, el costo horario se reducirá a un ritmo mayor antes del punto de igualación que después.

INTERES

Intereses del capital invertido

Se puede considerar que aplicar, para un ejemplo, por este concepto, una tasa de interés del 8% sobre el 50% del valor de adquisición de la máquina considerada (valor medio de la maquina a lo largo de toda la vida útil considerando como valor residual el 10% del precio de adquisición), sería razonable, aunque, en cada caso, el usuario debe de considerar la tasa de interés para sus condiciones particulares.

Agradecimientos:

El autor agradece la desinteresada y valiosa colaboración, en la realización de esta ayuda didáctica, del Prof. Dr. Luis Márquez Delgado (Mi maestro) Universidad Politécnica de Madrid y, por su intermedio a Blake & Helsey Ed. Mingo Alsina 4, 28250, Torredolones (Madrid) España.

Bibliografía utilizada

Arnal Aantares P., Laguna Blanca A. 1993. Tractores y motores agrícolas. Segunda edición. Madrid: Mundi-prensa. Madrid. 427 pp.

Bailigand, J. 1980. La formation a la segurité a l'egard des matenels agricoles. Ed. CNEEMA, París. Francia.

Ortiz Cañabate J., Herananz J.L. 1989. Técnica de la mecanización agraria. Ed. Mundiprensa. Madrid, España. 654 pp.

Botta G, Jorajuria D. y Draghi L. 2000. Los tractores agrícolas. Editorial Universidad Nacional de Luján. Luján, Argentina. 225 pp.

Botta G., Dagostino C. 2001.Mantenimiento de la maquinaria agrícola. Tomo XII. Ed. F y G. ISBN 987 – 98959 – 7 – 5. San Isidro Argentina. 94 pp.

Frank R. 1977. Costos y Administración de la Maquinaria Agrícola. Ed, Hemisferio Sur. Argentina 385 pp.

Márquez Delgado L. 2001. Ahorro de combustible con mejoras en los motores. Revista AGROTECNICA, Año IV N° 8 pp. 13 – 17. Ed. Blake y Helsey. Madrid – España.

Márquez Delgado L. 2002. Lo que cuesta utilizar un tractor. Revista AGROTECNICA, Año IV N° 6 pp. 45 – 49. Ed. Blake y Helsey. Madrid – España.

Marrón G. 2002. Pautas para tener en cuenta en el ahorro de combustible. INTA Ascasubi.